



**UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA**

**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA**

**TESE**

**EFICIÊNCIA DO BORO SOBRE O CRESCIMENTO, COMPOSIÇÃO  
MINERAL E VARIÁVEIS FISIOLÓGICAS EM MUDAS CÍTRICAS**

**PATRÍCIA DA SILVA ALEXANDRE**

**2015**



**UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA**  
**CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS**  
**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA**



**EFICIÊNCIA DO BORO SOBRE O CRESCIMENTO, COMPOSIÇÃO  
MINERAL E VARIÁVEIS FISIOLÓGICAS EM MUDAS CÍTRICAS**

**PATRÍCIA DA SILVA ALEXANDRE**

Sob a Orientação do Professor

**Walter Esfrain Pereira**

Tese submetida como requisito para  
obtenção do título de **Doutora em**  
**Agronomia**, no Programa de Pós-  
Graduação em Agronomia.

**Areia, PB**  
**Abril de 2015**

Ficha Catalográfica Elaborada na Seção de Processos Técnicos da  
Biblioteca Setorial do CCA, UFPB, Campus II, Areia – PB.

A381e Alexandre, Patrícia da Silva.  
Eficiência do boro sobre o crescimento, composição mineral e variáveis fisiológicas  
em mudas cítricas / Patrícia da Silva Alexandre. - Areia: UFPB/CCA, 2015.  
88 f. : il.

Tese (Doutorado em Agronomia) - Centro de Ciências Agrárias. Universidade  
Federal da Paraíba, Areia, 2015.

Bibliografia.  
Orientador: Walter Esfrain Pereira.

1. Mudas cítricas – Adubação boratada 2. Citros – Boro 3. Citrus – Nutrição mineral  
I. Pereira, Walter Esfrain (Orientador) II. Título.

UFPB/CCA CDU: 634.3(043.2)

**UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA  
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA**

**CERTIFICADO DE APROVAÇÃO**

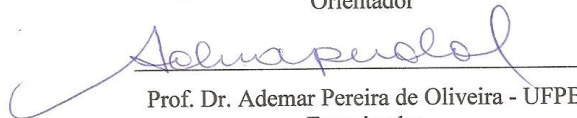
**TÍTULO: EFICIÊNCIA DO BORO SOBRE O CRESCIMENTO,  
COMPOSIÇÃO MINERAL E VARIÁVEIS FISIOLÓGICAS EM MUDAS  
CÍTRICAS**

**AUTOR: PATRÍCIA DA SILVA ALEXANDRE**

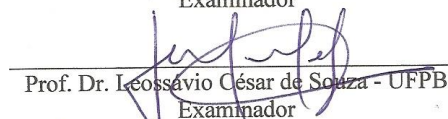
Aprovado como parte das exigências para obtenção do título de DOUTORA em AGRONOMIA (Agricultura Tropical) pela comissão Examinadora:



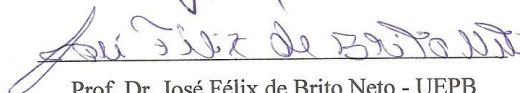
Prof. Dr. Walter Esfrain Pereira - UFPB  
Orientador



Prof. Dr. Ademar Pereira de Oliveira - UFPB  
Examinador



Prof. Dr. Leossávio César de Souza - UFPB  
Examinador



Prof. Dr. José Félix de Brito Neto - UEPB  
Examinador

Data da realização: 23 de abril de 2015

Presidente da Comissão Examinadora  
Dr. Walter Esfrain Pereira  
Orientador

Às pessoas mais importantes da minha vida, meus pais: Francisco de Assis Alexandre e Terezinha da Silva Alexandre.

Aos meus irmãos, Paulo, Carlos, Isabel e Camila.

Aos meus sobrinhos, Daniel, Matheus e Gabriel.

Aos meus primos, Eduardo e Lucas

Às minhas tias, Maria Lúcia, Cícera Alexandre, Maria Alexandre e Maria Gomes.

Dedico

## **AGRADECIMENTOS**

A Deus, pelo dom da vida e por me permitir realizar mais este sonho.

A minha família, pelo amor, força e confiança em mim depositada.

Aos meus irmãos Carlos e Camila, pela ajuda no desenvolvimento do trabalho.

Ao meu orientador, Walter Esfrain Pereira, pela confiança, paciência, pelos conhecimentos transmitidos, pelo empenho e dedicação ao meu trabalho.

Ao professor Ademar Pereira de Oliveira, pelas valiosas contribuições.

Ao professor José Félix de Brito Neto, pelo apoio durante a condução do experimento e pelas valiosas contribuições.

Ao professor Leossávio César de Souza, pela contribuição.

A todos os professores do Programa de Pós-Graduação em Agronomia, os quais contribuíram para minha formação.

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) pela concessão da bolsa.

A todos os funcionários do PPGA, nas pessoas de Eliane e Adriana. E aos demais funcionários da Fitossanidade, nas pessoas de Saulo, Thomás, Nino e Dona Francisca. Aos funcionários do Departamento de Solos e Engenharia Rural, nas pessoas de Ednaldo, Gilson, Seu Patrocínio e Dona Marielza.

A todos os funcionários do CCA/UFPB, pela amizade e apoio. Em especial aos funcionários da Biblioteca nas pessoas de Katiane, Eron, Paulo, Roberval, Dona Cícera e Jadson.

Aos amigos que aqui fiz: Carlos (Carlão), Gilcean, Edson, Edna de Oliveira, Daiana, Mayara, Leandra, Cosmo, Janaína Mondego, Kedma, Perla Gondim, Severino, Tony, Reinaldo, Márcia Gondim, Ykesaky, Carlos Dornelles, Begna Janine, Claudiana, Amanda e Amália.

Enfim, a todos que contribuíram de maneira significativa para o meu crescimento. A todas as pessoas que de maneira direta ou indireta contribuíram na realização deste trabalho.

Muito obrigado!!

“Nunca deixe que lhe digam que não vale a pena acreditar no sonho que se tem ou que seus planos nunca vão dar certo ou que você nunca vai ser alguém. Quem acredita sempre alcança...”

Renato Russo

“A simplicidade é o último degrau da sabedoria”.

Khalil Gibran

ALEXANDRE, P. S. **Eficiência do boro sobre o crescimento, composição mineral e variáveis fisiológicas em mudas cítricas**. 2015. 104f. Tese (Doutorado em Agronomia), Universidade Federal da Paraíba, Areia, 2015.

## RESUMO

A deficiência de boro em citros limita o crescimento de folhas e raízes, devido à interrupção da divisão celular. Por outro lado, a toxidez por boro reduz o crescimento da planta, aumentando o período de formação da muda e diminuindo a sua qualidade. Nesse sentido, objetivou-se com este experimento avaliar o efeito da adubação boratada sobre o crescimento, a composição mineral e as variáveis fisiológicas em mudas cítricas. No Capítulo I foi avaliado o crescimento de três copas cítricas (tangerineiras ‘Ponkan’ e ‘Mexerica’, e laranjeira ‘Bahia’) cultivadas em vermiculita e adubadas com boro (0; 0,5; 2,5 e 5,0 mg L<sup>-1</sup>), verificando-se que a maior altura das mudas de tangerineira ‘Mexerica’ foi obtida com doses superiores a 2,0 mg L<sup>-1</sup>. Verificou-se que o diâmetro e as demais características avaliadas não foram influenciadas pela adubação boratada. No Capítulo II foi avaliado os teores foliares de macro e micronutrientes das mudas cítricas cultivadas em vermiculita e adubadas com boro. Com exceção do N, todos os demais macronutrientes apresentaram teores foliares inadequados para a cultura dos citros. No Capítulo III foi avaliado o efeito da adubação boratada sobre as variáveis fisiológicas de mudas cítricas. Verificou-se que a transpiração nas mudas de tangerineira ‘Ponkan’ aumentou, e que a taxa fotossintética das mudas de ‘Mexerica’ diminuiu. Doses acima de 2,6 mg L<sup>-1</sup> reduziram o índice de clorofila.

**Palavras-chave:** *Citrus*, nutrição mineral, fotossíntese.



ALEXANDRE, P.S. **Efficiency of boron on growth, mineral composition and physiological variables in citrus seedlings**. 2015. 104f. Thesis (D. Sc. in Agronomy), Universidade Federal da Paraíba, Areia, 2015.

### ABSTRACT

Boron deficiency in citrus limits the growth of leaves and roots, due to the interruption of cell division. Moreover, the toxicity of boron decreases the plant growth, increasing the period of formation of seedlings and loss of quality. In this sense, the aim of this experiment was to evaluate the effect of borated fertilization on growth, mineral composition and physiological variables in citrus seedlings. In chapter I, it was evaluated the growth of three scions ('Ponkan' and 'Mexerica' tangerine, and 'Bahia' orange) citrus grown in vermiculite and fertilized with boron (0, 0.5; 2.5; 5.0 mg L<sup>-1</sup>), verifying that the greater height of seedlings of 'Mexerica' tangerine was obtained at doses greater than 2.0 mg L<sup>-1</sup>. It was found that the diameter and the other variables were not influenced by boron. In chapter II, it was evaluated foliar concentrations of macro and micronutrients of citrus seedlings grown in vermiculite and fertilized with boron. Except for N, all other macronutrients showed inadequate foliar concentration for citrus culture. In chapter III, it was evaluated the effects of borated fertilization on the physiological variables of citrus seedlings. It was found that the transpiration of 'Ponkan' tangerine seedlings increased, and photosynthetic rate of 'Mexerica' tangerine seedlings decreased. Doses above 2.6 mg L<sup>-1</sup> reduced the chlorophyll content of 'Ponkan' and 'Mexerica' tangerine.

**Keywords:** *Citrus*, mineral nutrition, photosynthesis

## **LISTA DE TABELAS**

### **CAPÍTULO I**

**Tabela 1.** Análise de água utilizada na irrigação de mudas cítricas adubadas com boro ..... 12

**Tabela 2.** Autovetores de três componentes principais (CP1, CP2 e CP3) das variáveis relacionadas ao crescimento de mudas cítricas adubadas com boro ..... 21

### **CAPÍTULO II**

**Tabela 1.** Análise de água utilizada na irrigação de mudas cítricas adubadas com boro ..... 34

**Tabela 2.** Autovetores de quatro componentes principais (CP1, CP2, CP3 e CP4) dos teores foliares de macro e micronutrientes de mudas cítricas adubadas com boro ..... 49

### **CAPÍTULO III**

**Tabela 1.** Análise de água utilizada na irrigação de mudas cítricas adubadas com boro ..... 62

**Tabela 2.** Autovetores de três componentes principais (CP1, CP2 e CP3) das variáveis relacionadas as trocas gasosas de mudas cítricas adubadas com boro ..... 80

## LISTA DE FIGURAS

### CAPÍTULO I

<b>Figura 1.</b> Altura das mudas de três copas cítricas cultivadas em vermiculita e adubadas com doses de boro, aos 368 dias após o início da aplicação do boro .....	15
<b>Figura 2.</b> Altura (cm) de três copas cítricas cultivadas em vermiculita, aos 368 dias após o transplântio.....	16
<b>Figura 3.</b> (a) Diâmetro e (b) Taxa relativa de diâmetro (TRD) de três copas cítricas cultivadas em vermiculita, aos 368 dias após o transplântio .....	17
<b>Figura 4.</b> Taxa relativa de altura (TRALT) de mudas de três copas cítricas cultivadas em vermiculita, aos 340 dias após o transplântio .....	18
<b>Figura 5.</b> Área foliar de três copas cítricas cultivadas em vermiculita, aos 368 dias após o transplântio .....	19
<b>Figura 6.</b> (c) Massa da matéria seca foliar (MMSF) e (d) massa da matéria seca radicular (MMSR) de mudas de três copas cítricas cultivadas em vermiculita, aos 368 dias após o transplântio .....	20
<b>Figura 7.</b> Autovalores das variáveis relacionadas ao crescimento de mudas cítricas nos dois primeiros componentes principais (CP1 e CP2) e agrupamento dos tratamentos ..	22

### CAPÍTULO II

<b>Figura 1.</b> Teor foliar de nitrogênio de três copas cítricas cultivadas em vermiculita e adubado com doses de boro, aos 368 dias após o início da aplicação do boro .....	36
<b>Figura 2.</b> Teor foliar de nitrogênio de três copas cítricas cultivadas em vermiculita, aos 368 dias após o transplântio .....	37
<b>Figura 3.</b> Teor foliar de fósforo de três copas cítricas cultivadas em vermiculita e adubado com doses de boro, aos 368 dias após o início da aplicação do boro .....	38
<b>Figura 4.</b> Teor foliar de fósforo de três copas cítricas cultivadas em vermiculita, aos 368 dias após o transplântio .....	38
<b>Figura 5.</b> Teor foliar de potássio de três copas cítricas cultivadas em vermiculita, aos 368 dias após o transplântio .....	39

<b>Figura 6.</b> Teor de cálcio foliar de três copas cítricas cultivadas em vermiculita, aos 368 dias após o transplantio .....	40
<b>Figura 7.</b> Teor de magnésio (Mg) e enxofre (S) foliar de três copas cítricas cultivadas em vermiculita, aos 368 dias após o transplantio .....	41
<b>Figura 8.</b> Teor foliar de boro de três copas cítricas cultivadas em vermiculita e adubadas com doses de boro, aos 368 dias após o início da aplicação do boro .....	42
<b>Figura 9.</b> Teor foliar de boro de três copas cítricas cultivadas em vermiculita, aos 368 dias após o transplantio .....	43
<b>Figura 10.</b> Teor de manganês (Mn) foliar de três copas cítricas cultivadas em vermiculita e adubadas com doses de boro, aos 368 dias após o início da aplicação do boro .....	44
<b>Figura 12.</b> Teor de zinco (Zn) foliar de três copas cítricas cultivadas em vermiculita e adubadas com doses de boro, aos 368 dias após o início da aplicação do boro .....	46
<b>Figura 13.</b> Teor foliar de zinco (Zn) de três copas cítricas cultivadas em vermiculita, aos 368 dias após o transplantio .....	47
<b>Figura 14.</b> Teor de ferro (Fe) e cobre (Cu) foliar de três copas cítricas cultivadas em vermiculita, aos 368 dias após o transplantio .....	48
<b>Figura 15.</b> Autovalores das variáveis relacionadas ao teor foliar de nutrientes de mudas cítricas nos dois primeiros componentes principais (CP1 e CP2) e agrupamento dos tratamentos .....	50

### CAPÍTULO III

<b>Figura 1.</b> Taxa simples de fluorescência de três copas cítricas cultivadas em vermiculita e adubadas com doses de boro, aos 340 dias após o início da aplicação do boro .....	66
<b>Figura 2.</b> Taxa simples de fluorescência de três copas cítricas cultivadas em vermiculita, aos 340 dias após o transplantio .....	67
<b>Figura 3.</b> Índice de clorofila “a” e b de três copas cítricas cultivadas em vermiculita, aos 340 dias após o transplantio .....	68
<b>Figura 4.</b> Índice de flavonoides de três copas cítricas cultivadas em vermiculita e adubadas com doses de boro, aos 340 dias após o início da aplicação de boro .....	69
<b>Figura 5.</b> Índice de flavonoides de três copas cítricas cultivadas em vermiculita, aos 340 dias após o transplantio .....	70

<b>Figura 6.</b> Índice de antocianinas de três copas cítricas cultivadas em vermiculita e adubadas com boro, aos 340 dias após o início da aplicação de boro .....	70
<b>Figura 7.</b> Índice de antocianinas de três copas cítricas cultivadas em vermiculita, aos 340 dias após o transplantio .....	71
<b>Figura 8.</b> Índice de balanço de nitrogênio (NBI_G) de três copas cítricas cultivadas em vermiculita e adubadas com doses de boro, aos 340 dias após o início da aplicação de boro .....	72
<b>Figura 9.</b> Índice de balanço de nitrogênio (NBI_G) de três copas cítricas cultivadas em vermiculita, aos 340 dias após o transplantio .....	73
<b>Figura 10.</b> Estimativa da fotossíntese de três copas cítricas cultivadas em vermiculita e adubadas com doses de boro, aos 340 dias após o início da aplicação de boro .....	74
<b>Figura 11.</b> Fotossíntese líquida de três copas cítricas cultivadas em vermiculita, aos 340 dias após o transplantio .....	75
<b>Figura 12.</b> Transpiração (E) de três copas cítricas cultivadas em vermiculita e adubado com doses de boro, aos 340 dias após o início da aplicação de boro .....	76
<b>Figura 13.</b> Transpiração (E) de três copas cítricas cultivadas em vermiculita, aos 340 dias após o transplantio .....	77
<b>Figura 14.</b> Condutância estomática (gs) de três copas cítricas cultivadas em vermiculita, aos 340 dias após o transplantio .....	78
<b>Figura 15.</b> Concentração interna de CO <sub>2</sub> (Ci) de três copas cítricas cultivadas em vermiculita, aos 340 dias após o transplantio .....	79
<b>Figura 16.</b> Autovalores das variáveis relacionadas as trocas gasosas e fotossíntese nos dois primeiros componentes principais (CP1 e CP2) e agrupamento dos tratamentos ..	81

## SUMÁRIO

### RESUMO

### ABSTRACT

1. INTRODUÇÃO GERAL .....	1
2. OBJETIVO GERAL .....	2
2.1 Objetivos Específicos .....	2
3. REFERÊNCIAS .....	4

CAPITULO I .....	7
------------------	---

Variáveis de crescimento de mudas cítricas adubadas com boro .....	7
--	---

RESUMO .....	8
--------------	---

ABSTRACT .....	9
----------------	---

1. INTRODUÇÃO .....	10
---------------------	----

2. MATERIAL E MÉTODOS .....	12
-----------------------------	----

2.1 Local e obtenção das mudas .....	12
--------------------------------------	----

2.2 Delineamento experimental .....	12
-------------------------------------	----

2.3 Características avaliadas .....	13
-------------------------------------	----

2.4 Análise estatística .....	14
-------------------------------	----

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO .....	15
---------------------------------	----

3.1 Altura .....	15
------------------	----

3.2 Diâmetro (mm) e Taxa relativa de diâmetro (TRD).....	16
--	----

3.3 Taxa relativa de altura (TRALT) .....	18
---	----

3.4 Área foliar .....	18
-----------------------	----

3.5 Massa da matéria seca foliar e massa da matéria seca radicular .....	19
--	----

3.6 Análise de componentes principais .....	21
---	----

CONCLUSÕES .....	23
------------------	----

5. REFERÊNCIAS .....	24
----------------------	----

CAPÍTULO II .....	29
-------------------	----

Composição mineral de mudas cítricas adubadas com boro .....	29
--	----

RESUMO .....	30
--------------	----

ABSTRACT .....	31
----------------	----

<b>1. INTRODUÇÃO .....</b>	<b>32</b>
<b>2. MATERIAL E MÉTODOS .....</b>	<b>34</b>
2.1 Local do experimento e obtenção das mudas .....	34
2.2 Delineamentos experimental .....	34
2.3 Características avaliadas .....	35
2.4 Análises estatística .....	35
<b>3. RESULTADOS E DISCUSSÃO .....</b>	<b>36</b>
3.1 Teores foliares de macronutrientes .....	36
3.1.1 Nitrogênio .....	36
3.1.2 Fósforo .....	37
3.1.3 Potássio .....	39
3.1.4 Cálcio .....	40
3.1.5 Magnésio e Enxofre .....	41
3.2 Teores foliares de micronutrientes .....	42
3.2.1 Boro .....	42
3.2.2 Manganês .....	44
3.2.3 Zinco .....	46
3.2.4 Ferro e cobre .....	47
3.3 Análise de componentes principais .....	49
<b>4. CONCLUSÕES .....</b>	<b>51</b>
<b>5. REFERÊNCIAS .....</b>	<b>52</b>
<b>CAPÍTULO III .....</b>	<b>57</b>
Variáveis fisiológicas em mudas cítricas adubadas com boro .....	57
<b>RESUMO .....</b>	<b>58</b>
<b>ABSTRACT .....</b>	<b>59</b>
<b>1. INTRODUÇÃO .....</b>	<b>60</b>
<b>2. MATERIAL E MÉTODOS .....</b>	<b>62</b>
2.1 Localização do experimento e obtenção das mudas .....	62
2.2 Delineamento experimental .....	62
2.3 Características avaliadas .....	63
2.4 Análise estatística .....	65
<b>3. RESULTADOS E DISCUSSÃO .....</b>	<b>66</b>
3.1 Taxas simples de fluorescência (SFR_G).....	66

<b>3.2 Clorofila “a” e Clorofila “b” .....</b>	<b>67</b>
<b>3.3 Índices de flavonoides (FLAV) .....</b>	<b>69</b>
<b>3.4 Índices de antocianinas (ANTH_RG) .....</b>	<b>71</b>
<b>3.5 Índices de balanço de nitrogênio (NBI_G) .....</b>	<b>72</b>
<b>3.6 Fotossínteses líquida (A).....</b>	<b>74</b>
<b>3.7 Transpiração (E) .....</b>	<b>75</b>
<b>3.8 Condutância estomática (gs) .....</b>	<b>77</b>
<b>3.9 Concentração interna de CO<sub>2</sub> (Ci) .....</b>	<b>79</b>
<b>3.10 Análise de Componentes Principais .....</b>	<b>79</b>
<b>4. CONCLUSÕES .....</b>	<b>82</b>
<b>5. REFERÊNCIAS .....</b>	<b>83</b>



## 1 INTRODUÇÃO

A citricultura é uma importante atividade do agronegócio brasileiro. Os frutos que pertencem a este grupo são do gênero *Citrus*, sendo as principais espécies as laranjas doces (*Citrus sinensis*), tangerinas (*Citrus reticulata* Blanco), os limões (*Citrus limon*), as limas ácidas (*Citrus aurantifolia*) e os pomelos (*Citrus paradise*) (DONADIO et al., 1998).

O Brasil é atualmente o maior produtor mundial de citros. A produção do país concentra-se nas regiões Sudeste e Nordeste com 79,7% e 9,6% respectivamente. No Sudeste destacam-se os estados de São Paulo com mais de 13 milhões de toneladas produzidas e o estado de Minas Gerais com 894.543 toneladas colhidas na safra de 2013 (IBGE, 2015). Enquanto que na região Nordeste merece destaque o estado da Bahia com uma produção de 994.817 toneladas na safra de 2013 (IBGE, 2015).

A atividade citrícola tem grande importância social e econômica para o país. O setor contribui na geração de empregos, na formação de capital, na geração de renda, na agregação de valor e, também no desenvolvimento regional (ZULLIAN et al., 2013). A citricultura em 2009 gerou 230 mil empregos diretos e indiretos no Brasil com uma massa salarial anual de R\$ 676 milhões (NEVES et al., 2010).

Com o crescimento da citricultura é necessário que o uso de mudas de alta qualidade seja priorizado, uma vez que a muda representa um dos fatores fundamentais para o desenvolvimento da produção de citros, pois constitui a base da formação dos pomares refletindo durante toda vida útil (REZENDE et al., 2010). Para que o sucesso na produção de mudas seja satisfatório é necessário que o material propagativo possua uma alta qualidade genética e sanitária, vindo a originar plantas saudáveis, uniformes e vigorosas. Em geral o uso de mudas enxertadas são as mais utilizadas para propagação comercial de citros (CARVALHO et al., 2005).

Dentre os porta-enxertos utilizados na formação das mudas, o limoeiro ‘Cravo’ (*Citrus limonia* L. Osbeck) é o mais utilizado (PRADO et al., 2008), isso deve-se as características de facilidade de formação de mudas, compatibilidade com todas as copas, produção precoce, altas produções de frutos, resistência à seca, além da tolerância a tristeza (POMPEU JÚNIOR, 2005).

Outro fator importante na produção de mudas cítricas está relacionado ao substrato, o qual é determinante no desenvolvimento das mudas de porta-enxertos, uma vez que o mesmo é a primeira fonte nutritiva e qualquer mudança na sua composição pode alterar a formação das plantas (FERREIA et al., 2009; FERMINO et al., 2010). O novo sistema de produção de mudas

determinou a necessidade do uso de substratos leves de boa drenagem e isentos de contaminantes prejudiciais à sanidade e ao vigor das mudas (ZANETTI et al., 2003). Dentre os substratos inertes, a vermiculita tem sido muito utilizada, de modo que é necessário fazer a suplementação nutricional a base de macro e micronutrientes para otimizar o crescimento das mudas (ALVA et al., 2006; MILNER, 2002).

A adubação deve fornecer todos os nutrientes necessários ao crescimento das mudas de citros (MILNER, 2002), de modo que a fertilização com macro e micronutrientes principalmente N, Ca, P, K, B e Cu tem proporcionado efeitos significativos sobre a nutrição e o crescimento (SOPRANO; BRITO, 1997; BERNARDI et al., 2000). Nutrientes fornecidos em poucas ou em quantidades exageradas podem causar deficiência e/ou toxidez, vindo a influenciar diretamente no desenvolvimento das culturas.

Em citros, a deficiência causada por micronutrientes é mais evidente quando refere-se ao boro, a qual provoca uma inibição do crescimento meristemático e precário desenvolvimento das pontas das radículas e dos ápices dos ramos, devido a participação desse nutriente na síntese de bases nitrogenadas (MALAVOLTA, 2006).

Para Vitti (1992) os efeitos do boro relacionam-se ao tamanho e qualidade do fruto, uma vez que o mesmo atua na formação da parede celular, germinação do grão de pólen, crescimento do tubo polínico e transporte de carboidratos.

Assim como a deficiência de boro pode gerar sérios problemas a cultura dos citros, a toxidez também causa prejuízos, interferindo no crescimento do material vegetativo e atrasando consequentemente o período de formação da muda e ocasionando perda da qualidade desejada (MATTOS JÚNIOR et al., 2008).

## **2 OBJETIVO GERAL**

- ✓ Avaliar a influência da adubação com boro sobre as variáveis de crescimento, a composição mineral e as variáveis fisiológicas de mudas cítricas.

### **2.1 OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- ✓ Avaliar o crescimento de mudas cítricas adubadas com boro;

- ✓ Determinar as trocas gasosas e o teor de clorofila de mudas de cítricas adubadas com boro;
- ✓ Determinar os teores foliares de macro e micronutrientes em mudas cítricas adubadas com boro;
- ✓ Estimar os índices de antocianinas e flavonoides das mudas de citros adubadas com boro.
- ✓ Comparar o desempenho de três copas enxertadas sobre o limoeiro ‘Cravo’ em função da adubação com doses de boro.

### 3 REFERÊNCIAS

- ALVA, A. K.; PARAMASIVAM, S.; FARES, A.; OBREZA, T. A.; SCHUMANN, A. W. Nitrogen best management practice for citrus trees II. Nitrogen fate, transport, and components of N budget. **Scientia Horticulturae**, Amsterdam, v.109, p.223-233, 2006.
- BERNARDI, A. C. C.; CARMELLO, Q. A. C.; CARVALHO, S. A. Development of citrus nursery trees grown in pots in response to NPK fertilization. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v.57, n.4, p.733-738, 2000.
- CARVALHO, S. A.; GRAF, C. C. D.; VIOLANTE, A. R. Produção de material básico e propagação. In: MATTOS JÚNIOR, D.; DE NEGRI, J. D.; PIO, R. M.; POMPEU JÚNIOR, J. **Citros**. Campinas: Instituto Agrônômico e Fundag, 2005. p.279-316.
- DONADIO, L. C.; STUCHI, E. S.; CYRILLO, F. L. de L. Tangerinas ou mandarinas. **Boletim Citrícola**, Jaboticabal: Funep, n.5, p.01- 40, 1998.
- FERMINO, M. H.; GONÇALVES, R. S.; BATTISTIN, A.; SILVEIRA, J. R. P.; BUSNELLO, A. C.; TREVISAM, M. Aproveitamento dos resíduos da produção de conserva de palmito como substrato para plantas. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v.28, p 282-286, 2010.
- FERREIRA, M. G. R.; ROCHA, R. B.; GONÇALVES, E. P.; RIBEIRO, G. D. Influência do substrato no crescimento de mudas de cupuaçu (*Theobroma grandiflorum* Schum.), **Acta Scientiarum Agronomy**, v.31, n. 4, p.677-681, 2009.
- INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA - IBGE. **Levantamento da produção agrícola.** 2013. Disponível em: [ftp://ftp.ibge.gov.br/Producao\\_Agricola/Producao\\_Agricola\\_Municipal\\_\[anual\]/2013/tabelas\\_pdf/tabela03.pdf](ftp://ftp.ibge.gov.br/Producao_Agricola/Producao_Agricola_Municipal_[anual]/2013/tabelas_pdf/tabela03.pdf). Acesso em 20 de março de 2015.
- MALAVOLTA, E. **Manual de nutrição mineral de plantas**. São Paulo. Ceres. 2006. 638 p.

MATTOS JÚNIOR, P.; BOARETTO, R. M.; CORRÊA, E. R. de L.; ABREU, M. F. de; CARVALHO, S. A. de. Disponibilidade de boro em substrato para produção de porta-enxerto de citros em fase de sementeira. **Bragantina**, Campinas, v.67, n.4, p.983-989, 2008.

MILNER, L. Manejo de irrigação e fertirrigação em substratos. In: FURLANI, A. M. C.; BATAGLIA, O. C.; ABREU, C. A.; FURLANI, P. R.; QUAGGIO, J. A.; MINAMI, K. **Caracterização, manejo e qualidade de substratos para produção de plantas**. Campinas: Instituto Agronômico, 2002. p.45-51. (Documentos, 70).

NEVES, M. F.; TROMBIN, V. G.; MILAN, P.; LOPES, F. F.; CRESSONI, F.; KALAKI, R. **O Retrato da Citricultura Brasileira**. In: NEVES, M. F. (Coord.). 1. ed. Ribeirão Preto: Markestrat, 2010. 138 p. Disponível em: <<http://www.favaneves.org/arquivos/retrato-citricultura-brasileira-marcos-fava.pdf>>. Acesso em: 15 de agosto de 2014.

POMPEU JUNIOR, J. Porta-enxertos. In: MATTOS JÚNIOR, D.; DE NEGRI, J. D.; PIO, R. M.; POMPEU JÚNIOR, J. (Ed.). **Citros**. Campinas: Instituto Agronômico e Fundag, 2005. p. 63-94.

PRADO, R. de M.; ROZANE, D. E.; CAMAROTTI, G. S.; CORREIA, M. A. R.; NATALE, W.; BARBOSA, J. C.; BEUTLER, A. N. Nitrogênio, fósforo e potássio na nutrição e na produção de mudas de laranjeira ‘Valência’, enxertada sobre citrumeleiro ‘Swingle’. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v.30, n.3, p.812-817, 2008.

REZENDE, C. F. A.; FERNANDES, E. P.; SILVA, M. F. da; LEANDRO, W. M. Crescimento e acúmulo de nutrientes em mudas cítricas cultivadas em ambiente protegido. **Bioscience Journal**, Uberlândia, v.26, n.3, p.367-375, 2010.

SOPRANO, E.; BRITO, C. J. F. A. **Caracterização de deficiências nutricionais em mudas cítricas**. Itajaí: EPAGRI, 1997 (Boletim Técnico).

VITTI, G. C. Nutrição e crescimento de plantas cítricas. In: SEMINÁRIO INTERNACIONAL DE FISIOLOGIA DOS CITROS, 2., Bebedouro, 1992. **Anais**. Campinas: Fundação Cargill, 1992. p.133-162.

ZANETTI, M.; FERNANDES, C.; CAZETTA, J. O.; CORÁ, J. E.; MATTO JÚNIOR, D. Características físicas de substratos para a produção de mudas cítricas sob telado. **Laranja**, Cordeirópolis, v.24, n.2, p.519-530, 2003.

ZULIAN, A.; DÖRR, A. C.; ALMEIDA, S. C. Citricultura e agronegócio cooperativo no Brasil. **Revista Eletrônica em Gestão, Educação e Tecnologia Ambiental**, Cascavel, v.11, n. 11, p.2290-2306, 2013.

## **CAPÍTULO I**

### **VARIÁVEIS DE CRESCIMENTO DE MUDAS CÍTRICAS ADUBADAS COM BORO**

## RESUMO

A muda constitui a base da formação dos pomares, e dentro do sistema de produção vários fatores podem afetar o seu crescimento, entre os quais o material genético utilizado, o manejo hídrico, nutricional e os substratos. Objetivou-se com este experimento avaliar o crescimento de mudas cítricas cultivadas em vermiculita e adubadas com boro. O experimento foi realizado em ambiente protegido. Foram utilizadas mudas enxertadas com um ano de idade e transplantadas para vasos plásticos com capacidade de 3,6 L preenchidos apenas com vermiculita expandida de textura fina. As mudas foram irrigadas em dias alternados com solução nutritiva. O delineamento adotado foi o de blocos ao acaso em esquema fatorial com quatro doses de boro (0; 0,5; 2,5; 5,0 mg L<sup>-1</sup>) e três copas (tangerineiras ‘Ponkan’ e ‘Mexerica’, e laranja ‘Bahia’), com quatro repetições e quatro mudas por unidade experimental. Mensalmente foram avaliados a altura e o diâmetro das mudas para posterior cálculo da taxa relativa de crescimento em altura e em diâmetro. No final do experimento (aos 368 dias após início da aplicação dos tratamentos) foram determinadas a área foliar, a massa da matéria seca da parte aérea e radicular. Os dados foram submetidos a análise de variância, sendo os efeitos das doses de boro avaliados mediante regressão polinomial, enquanto as médias das copas foram comparadas pelo teste de Tukey. Aplicou-se também análise de componentes principais e de agrupamento pelo método TwoStep Cluster. Doses superiores a 2,0 mg L<sup>-1</sup> de boro proporcionou maior altura nas mudas da tangerineira Mexerica. O diâmetro e demais características avaliadas não foram influenciadas pela adubação boratada. A tangerineira Mexerica apresentou maior crescimento em comparação a tangerineira ‘Ponkan’ e laranja ‘Bahia’.

**Palavras-chave:** Adubação, vermiculita, solução nutritiva.



## ABSTRACT

The seedling is the basis of the formation of orchards, and within the production system several factors can affect their growth, among which stand out from the genetic material used, the water, nutrient management and substrates. The aim of this experiment was to evaluate the growth of citrus seedlings grown in vermiculite and fertilized with boron. The experiment was conducted in a greenhouse environment. Seedlings were used grafted with one year of age, transplanted to plastic pots with 3.6 L capacity filled with expanded vermiculite of fine texture. The seedlings were watered every two days with nutrient solution. The design adopted was the randomized blocks in factorial 4x3, with: four boron doses (0, 0.5, 2.5, 5.0 mg L<sup>-1</sup>) and three scions ('Ponkan' tangerine, 'Mexerica' tangerine and 'Bahia' orange), with four replications and four plants per plot. Monthly it was evaluated the height and diameter of the seedlings for subsequent calculation of the relative growth rate in height and diameter. At the end of the experiment (368 days after the start of treatment application) were determined leaf area, dry matter of root and shoot. Data were subjected to analysis of variance, principal component and cluster analysis. Doses greater than 2.0 mg L<sup>-1</sup> of boron provided greater height in the seedlings of 'Mexerica' tangerine. The diameter and other variables were not influenced by boron fertilization. The 'Mexerica' tangerine showed higher growth compared to 'Ponkan' tangerine and 'Bahia' orange.

**Keywords:** fertilization, vermiculite, nutrient solution

## 1. INTRODUÇÃO

O Brasil é atualmente o maior produtor mundial de citros, com uma produção em 2013 de aproximadamente 20 milhões de toneladas gerando uma renda de mais de seis bilhões de reais (IBGE, 2015). O país é o responsável por 60% da produção mundial de suco de laranja, além de ser o campeão de exportações do produto (MAPA, 2013).

Dentro do sistema de produção os principais fatores que afetam o desenvolvimento e a qualidade das mudas são os materiais genéticos, os manejos hídricos e nutricionais, as embalagens e os substratos (SILVA; SIMÕES; SILVA, 2012), porém é consenso que a escolha de mudas de qualidade atestada é o fator preponderante no sucesso da atividade citrícola (GOMES, 2013).

As mudas enxertadas são as mais utilizadas na formação de pomares de citros. As características das mudas estão relacionadas a relação copa/porta-enxerto, a qual deve ser perfeita, uma vez que podem exercer influência direta na rentabilidade do futuro cultivo (STUCHI et al., 2008).

O substrato é determinante no desenvolvimento sadio das mudas de porta-enxerto. Diferentes substratos têm sido utilizados na formação de mudas cítricas, dentre os quais destaca-se a vermiculita, sendo necessário fazer uso de uma suplementação a base de macro e micronutrientes visando assim o melhor desenvolvimento da muda (ALVA et al., 2006), evitando possíveis deficiências nutricionais.

Dentre os micronutrientes a deficiência por boro é a que provoca mais limitações as plantas, resultando em rápida inibição do crescimento meristemático e precário desenvolvimento das pontas das radículas e dos ápices dos ramos devido a participação desse nutriente na síntese de bases nitrogenadas (MARSCHNER, 1995; MALAVOLTA 2006).

De acordo com Yamada (2000) a carência de boro paralisa o crescimento dos tecidos meristemáticos das folhas e das raízes, devido à interrupção da divisão celular. Em citros a deficiência de boro constitui um problema para algumas variedades de porta-enxertos, em decorrência da resposta característica dos citros, pois o sistema visual de toxidez ocorre a níveis distintos de concentrações foliares do nutriente conforme a variedade (CHAPMAN, 1958).

Os prejuízos devido à toxidez de B são relacionadas ao menor crescimento do material vegetativo, com consequente atraso no período de formação da muda e perda da qualidade desejada (MATTOS JÚNIOR et al., 2008). Espécies e genótipos susceptíveis a toxidez por boro

geralmente tem altas concentrações de boro nas folhas e nas brotações do que os genótipos mais tolerantes (NABLE; BANUELOS; PAULL, 1997).

A toxidez por boro induz a clorose e senescência das folhas, reduz o vigor das plantas, bem como o número de frutos, o tamanho, peso e a qualidade, resultando consequentemente numa grande perda da produção e valor comercial (JIANG et al., 2009).

Pesquisas tem indicado que plantas de laranja são sensíveis ao excesso de boro (MAAS, 1990) e que diferentes porta-enxertos podem influenciar grandemente a muda quanto à tolerância a toxidez por boro (EL-MOTAIUM; HU; BROWN, 1994; PAPADAKIS et al., 2004). Mudas de “Newhall” (*Citrus sinensis* Osb.) enxertadas sobre Citrange [*Citrus sinensis* (L). Osb. X *Poncirus trifoliata* (L.) Raf.] são mais tolerantes ao excesso de boro (GUIDONG; CUNGANG; YUNHUA, 2011). Contudo, o efeito do boro nas culturas ainda não está totalmente claro, fazendo-se necessário que mais pesquisas sejam desenvolvidas visando a obtenção de respostas mais concretas sob o real papel deste elemento no desenvolvimento das culturas.

Diante do exposto, este experimento teve como objetivo avaliar o crescimento de três copas cítricas cultivadas em vermiculita e adubadas com boro.

## 2. MATERIAL E MÉTODOS

### 2.1 Local e obtenção das mudas

O experimento foi desenvolvido em ambiente protegido localizado no Campus II da Universidade Federal da Paraíba, em Areia-PB, durante os meses de condução do experimento efetuou-se a medição da temperatura interna e externa do ambiente, a qual variou de 23 a 31,5 °C.

Utilizaram-se mudas enxertadas de laranjeira ‘Bahia’ (*Citrus sinensis* L. Osbeck), tangerineira ‘Ponkan’ (*Citrus reticulata* Blanco) e tangerineira ‘Mexerica’ (*Citrus reticulata* Blanco) com um ano de idade e enxertadas em limoeiro ‘Cravo’ (*Citrus limonia* L. Osbeck).

As mudas foram transplantadas para vasos plásticos com capacidade de 3,6 L preenchidos apenas com vermiculita expandida de textura fina. As mesmas foram irrigadas com a solução nutritiva de Hoagland e Arnon (1950), sendo que inicialmente usou-se meia força da solução, após 30 dias passou-se a irrigar as mudas com 100% da solução. As irrigações ocorreram em dias alternados e cada vaso recebeu 0,5 L de água contendo os respectivos tratamentos. A água utilizada foi proveniente de uma cisterna, cujas propriedades químicas encontram-se na Tabela 1.

**Tabela 1.** Análise de água utilizada na irrigação de mudas cítricas adubadas com boro

pH	C.E.	Ca <sup>++</sup>	Mg <sup>++</sup>	Na <sup>+</sup>	K <sup>+</sup>	SO <sub>4</sub> <sup>-2</sup>	CO <sub>3</sub> <sup>-2</sup>	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	Cl <sup>-</sup>	RAS	PSI	Clas.
	(dSm <sup>-1</sup> )	----- mmol <sub>c</sub> L <sup>-1</sup> -----										
7,21	0,326	1,20	0,40	1,33	0,10	0,37	0,00	-	1,5	1,49	***	C <sub>1</sub> S <sub>1</sub>

### 2.2. Delineamento experimental

O delineamento experimental adotado foi em blocos ao acaso em esquema fatorial, sendo os fatores: doses de boro (0; 0,5; 2,5; 5,0 mg L<sup>-1</sup>), as quais foram determinadas com base na literatura, considerando-se a deficiência, a suficiência e a toxidez de boro, respectivamente,

e três copas (laranjeira ‘Bahia’, tangerineiras ‘Ponkan’ e ‘Mexerica’), com quatro repetições. A unidade experimental foi composta por quatro mudas.

### 2.3 Características avaliadas

Mensalmente foram avaliados a altura das mudas e o diâmetro do caule, para posterior cálculo da taxa relativa de crescimento em altura e em diâmetro (TRALT e TRCD). No final do experimento, aos 368 dias após o transplântio, foram determinadas a área foliar e a massa da matéria seca da parte aérea e da parte radicular.

As leituras referentes à altura e diâmetro do caule foram realizadas com o auxílio de régua, efetuando-se a medição a partir do colo da muda até o ápice da folha e a medição do diâmetro do caule efetuado no colo da planta com o auxílio de um paquímetro digital.

Para o cálculo da taxa relativa do crescimento em altura e em diâmetro utilizou-se a seguinte fórmula de acordo com Hunt (1990).

$$TR = \frac{\ln Y_2 - \ln Y_1}{t_2 - t_1}$$

Sendo: TR = taxa relativa do crescimento em altura e diâmetro;

$Y_1$  = valor numérico da variável no tempo  $t_1$ ;

$Y_2$  = valor numérico da variável no tempo  $t_2$ ;

$\ln$  = logarítmo neperiano.

A determinação da área foliar foi realizada aos 368 dias após o transplântio. Para o efeito, as mudas foram retiradas dos recipientes, lavadas em água corrente, em seguida as folhas previamente identificadas foram colocadas sobre uma cartolina e digitalizadas com câmera digital. Posteriormente, as imagens foram processadas no software Sigma Scan Pro 5.0 Demo ([www.spss.com](http://www.spss.com)).

Para a determinação da massa da matéria seca da parte aérea e da raiz, as mudas foram separadas em parte aérea e radicular, em seguida foram acondicionadas em sacos de papel, identificados e colocados para secar em estufa de circulação forçada de ar a 60 °C, até atingirem peso constante.

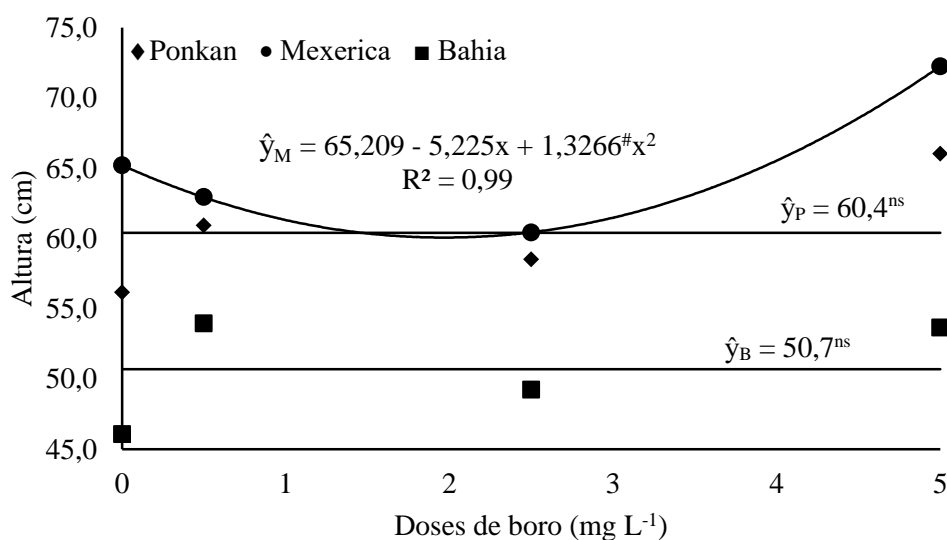
## **2.4 Análise estatística**

Os resultados foram submetidos inicialmente a análise de variância. Posteriormente, as médias das copas foram comparadas pelo teste de Tukey e os efeitos das doses de boro foram avaliadas aplicando-se análise de regressão polinomial. Realizou-se também a análise de componentes principais e de agrupamento pelo método TwoStep Cluster. As análises foram realizadas com o software SAS 9.3 (SAS, 2011).

### 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

#### 3.1 Altura

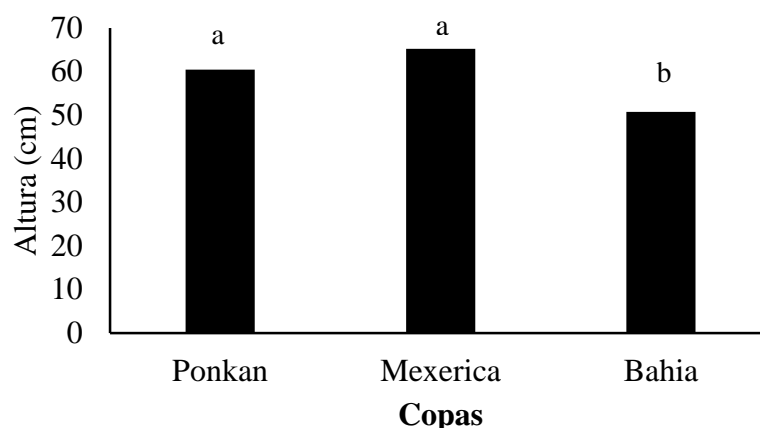
Com relação as características de crescimento avaliadas para a variável altura das mudas, apenas as mudas da tangerineira ‘Mexerica’ foram influenciadas pelas doses de boro (Figura 1), na qual inicialmente as mudas diminuíram a altura, com aumento a partir de 2,0 mg L<sup>-1</sup> de boro no substrato. Já a altura das mudas da tangerineira ‘Ponkan’ e da laranjeira ‘Bahia’ não sofreram influência das doses de boro, com valor médio de 60,4 e 50,7 cm, respectivamente.



# = significativo a 10 % pelo teste F.

**Figura 1.** Altura das mudas de três copas cítricas cultivadas em vermiculita e adubadas com doses de boro, aos 368 dias após início da aplicação do boro.

Verifica-se que houve diferença estatística entre as copas, de modo que, as mudas da tangerineira ‘Mexerica’ apresentaram maior altura (65,21cm) seguida pela tangerineira ‘Ponkan’ (60,4 cm) e diferindo estatisticamente da laranjeira ‘Bahia’ (50,74 cm) (Figura 2).



Médias seguidas das mesmas letras não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

**Figura 2.** Altura (cm) de três copas cítricas cultivadas em vermiculita, aos 368 dias após o transplântio.

A biomassa acumulada pelas mudas da tangerineira Mexerica pode ter resultado em um aumento na altura. Segundo Dechen e Nachtigall (2007), isso pode ter ocorrido devido a atuação do boro nos processos biológicos como metabolismo de carboidratos, metabolismo de N, atividade de hormônios e fotossíntese influenciando dessa maneira a divisão celular nos pontos de crescimento, o que pode resultar em aumento na altura das plantas.

De acordo com Fernandes (2002) a altura das plantas pode não ser um bom indicativo da qualidade da muda, devido a fatores que podem influenciar os tratamentos, como competição entre as plantas em função da luminosidade que pode causar estiolamento destas por mais controlado que seja o ambiente utilizado para a condução do experimento. Segundo Fochesato et al. (2007) mudas produzidas em recipientes onde as condições são restritas respondem com diferentes níveis de crescimento, os quais influenciarão o tempo de obtenção das mesmas.

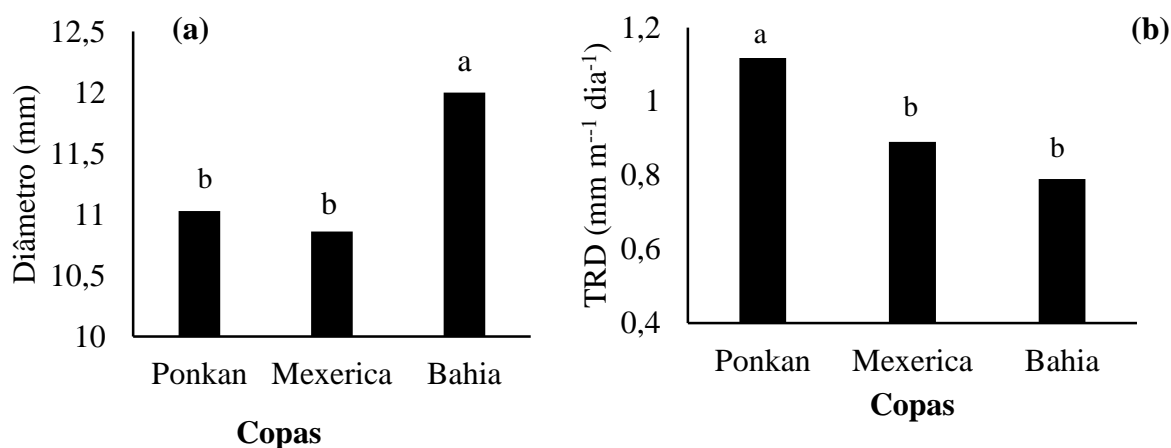
As mudas apresentaram sintomas de toxidez por boro, apresentando folhas amareladas e com consequente queda das mesmas. Para Guidong, Cuncang e Yunhua (2011), a toxidez por boro influencia o crescimento das raízes e dos rebentos, o que ocasiona num menor crescimento do material vegetativo, com consequente atraso do período de formação da muda e perda da qualidade desejada (MATTOS JÚNIOR et al., 2008).

### 3.2 Diâmetro e taxa relativa de diâmetro (TRD)

Não foi verificado efeito significativo das doses de boro. As copas diferiram estatisticamente, tendo a laranjeira Bahia apresentado diâmetro médio de 12 mm, superior às



tangerineiras ‘Ponkan’ e ‘Mexerica’ que tiveram diâmetro de 11 e 10,8 mm respectivamente (Figura 2). Com relação à TRD, a tangerineira ‘Ponkan’ apresentou valor médio de 1,12 mm m<sup>-1</sup> dia<sup>-1</sup> diferindo estatisticamente da tangerineira ‘Mexerica’ e da laranjeira ‘Bahia’ que apresentaram 0,89 e 0,79 mm m<sup>-1</sup> dia<sup>-1</sup> respectivamente (Figura 2).



Médias seguidas das mesmas letras não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

**Figura 3.** Diâmetro (a) e taxa relativa do diâmetro (TRD) (b) de três copas cítricas cultivadas em vermiculita, aos 368 dias após o transplante.

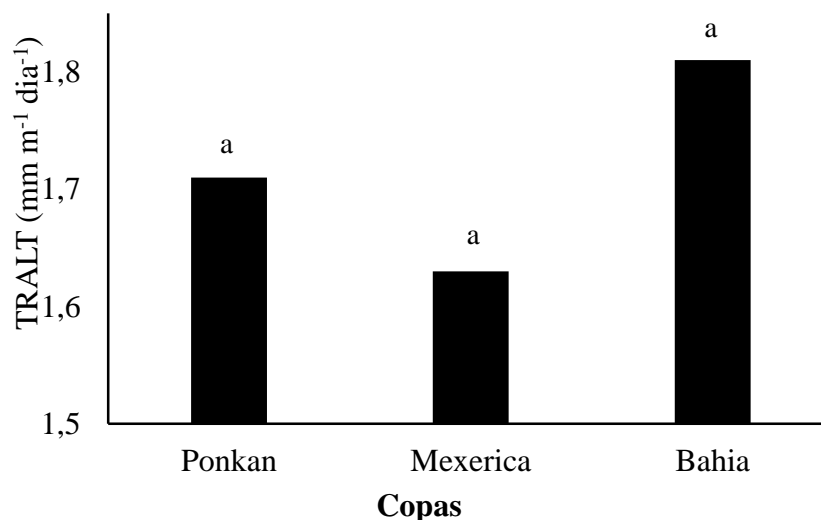
O diâmetro do colo tem sido reconhecido como um dos melhores indicadores de padrão de qualidade. As mudas de pequeno diâmetro e muito altas são consideradas de qualidades inferior, quando comparadas com aquelas de maior diâmetro de colo (GRAVE et al., 2007).

O diâmetro do caule representa um fator importante para o desenvolvimento do porta-enxerto, pois determina o momento de se fazer a enxertia, podendo ser antecipada (SILVA et al., 2012; NASCIMENTO et al., 2012; FERNANDES et al., 2011), sendo essa uma característica desejável por diminuir o tempo de formação da muda cítrica.

Os resultados encontrados neste experimento diferem dos encontrados por Lacerda et al. (2009), que estudando influência da adubação com boro (0 a 3,0 mg dm<sup>3</sup>) em mudas de umbuzeiro verificaram aumento linear do diâmetro com a elevação dos teores de boro no substrato.

### 3.3 Taxa relativa de altura (TRALT)

Não houve efeito significativo das doses de boro sobre a taxa relativa da altura (TRALT), de modo que o valor médio das mudas variou de 1,63 a 1,81 mm m<sup>-1</sup> dia<sup>-1</sup> (Figura 3).



Médias seguidas das mesmas letras não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

**Figura 4.** Taxa relativa da altura (TRALT) de três copas cítricas cultivadas em vermiculita, aos 368 dias após o transplântio.

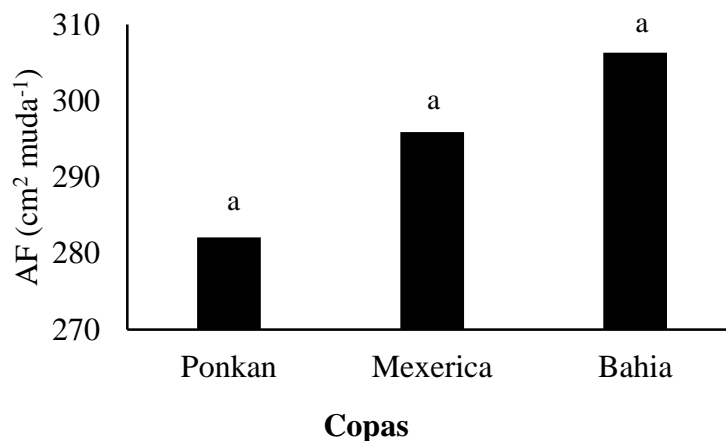
A taxa relativa de altura é considerada como índice de eficiência da planta e, expressa o crescimento em termos de taxa de aumento da massa por unidade de massa presente permitindo comparações mais equitativas, permitindo comparações mais equitativas que a taxa absoluta de crescimento (HUNT, 1990).

### 3.4 Área foliar

A adubação com boro não influenciou a área foliar das mudas cítricas. E as copas cítricas não diferiram estatisticamente entre si (Figura 5).

Os resultados estão de acordo com os encontrados por Lacerda et al. (2009), o qual estudando a influência da adubação boratada em mudas de umbuzeiro, verificaram que a mesma não influenciou a área foliar das referidas mudas. E diferem dos encontrados por Keles, Öncel

e Yenic (2004), os quais verificaram que a adubação boratada em excesso reduziu a área foliar das mudas cítricas.



Médias seguidas das mesmas letras não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

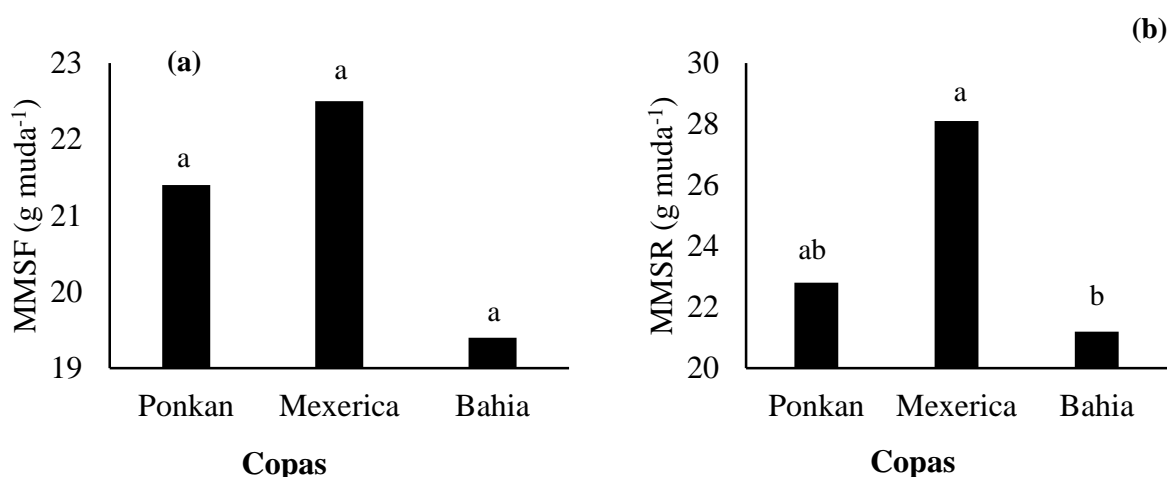
**Figura 5.** Área foliar (AF) de três copas cítricas cultivadas em vermiculita, aos 368 dias após o transplantio.

A área foliar pode ser considerada um índice de produtividade, dada a importância dos órgãos fotossintetizantes na produção biológica (SCALON et al., 2003), sendo a fotossíntese, por sua vez dependente da extensão da área foliar e do tempo de permanência das folhas em plena atividade na planta, de modo que, o aumento da área foliar pode resultar no aumento da taxa de interceptação de radiação solar, com consequente aumento no metabolismo de carboidratos, da produtividade das plantas (SOUZA et al., 2011) e produção de seiva orgânica pelas folhas (SALISBURY; ROSS, 1991).

### 3.5 Massa da matéria seca foliar (MMSF) e massa da matéria seca radicular (MMSR)

É possível verificar na Figura 6 que tanto a MMSF quanto a MMSR não foram influenciadas pelas doses de boro aplicadas no substrato. Entretanto foi observado sintomas de toxidez por boro em ambas as copas irrigadas com 2,5 e 5,0 mg L<sup>-1</sup>

Quando se trata de MMSF verifica-se que não existiu diferença estatística entre as copas. Já para a MMSR, a maior massa da matéria seca radicular foi da tangerineira ‘Mexerica’ com valor médio de 28,1 g kg<sup>-1</sup>, seguida pela tangerineira ‘Ponkan’ (22,8 g kg<sup>-1</sup>) e pela laranjeira ‘Bahia’ que teve valor médio de 21,1 g kg<sup>-1</sup>.



Médias seguidas das mesmas letras não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

**Figura 6.** (a) Massa da matéria seca foliar (MMSF) e (b) massa da matéria seca radicular (MMSR) de três copas cítricas cultivadas em vermiculita, aos 368 dias após o transplantio.

Os resultados estão de acordo com os encontrados por Papadakis et al. (2003) que estudando a resposta de dois genótipos de citros em seis diferentes concentrações de boro (0,05, 0,25, 0,50, 1,0, 2,0, 5,0 mg L<sup>-1</sup>) verificou que os tratamentos não influenciaram o teor de massa seca.

A adubação boratada aplicada em doses crescentes no substrato não influenciou a produção de massa da matéria seca radicular em mudas de mamoeiro (SILVA; RODAS; CARVALHO, 2014). Mudanças de laranja ‘Newhall’ enxertadas sobre Trifoliata e plantas de ‘Skagg’ bonanza enxertadas tanto no ‘Trifoliata’ quanto no citrange ‘Carrizo’ tiveram sua massa da matéria seca reduzida com doses excessivas de boro no substrato (SHENG et al., 2010).

A toxidez por boro exerce diferentes efeitos sob os mais diversos processos nas plantas vasculares, entre os efeitos estão a alteração no metabolismo, redução da divisão celular das raízes, teor de clorofila e taxa fotossintética reduzidas e redução dos níveis de lignina e suberina (REID, 2007).

Em fruteiras, a deficiência de B causa mal funcionamento do tecido do câmbio vascular, responsável pela multiplicação de células dos vasos condutores provocando colapso imediato do floema e posteriormente do xilema, quando a deficiência é aguda. Assim, ocorre um menor transporte de fotossintatos para as raízes, que têm o crescimento reduzido, prejudicando a absorção de água e nutrientes (QUAGGIO et al., 2003).

### 3.5 Análise de componentes principais

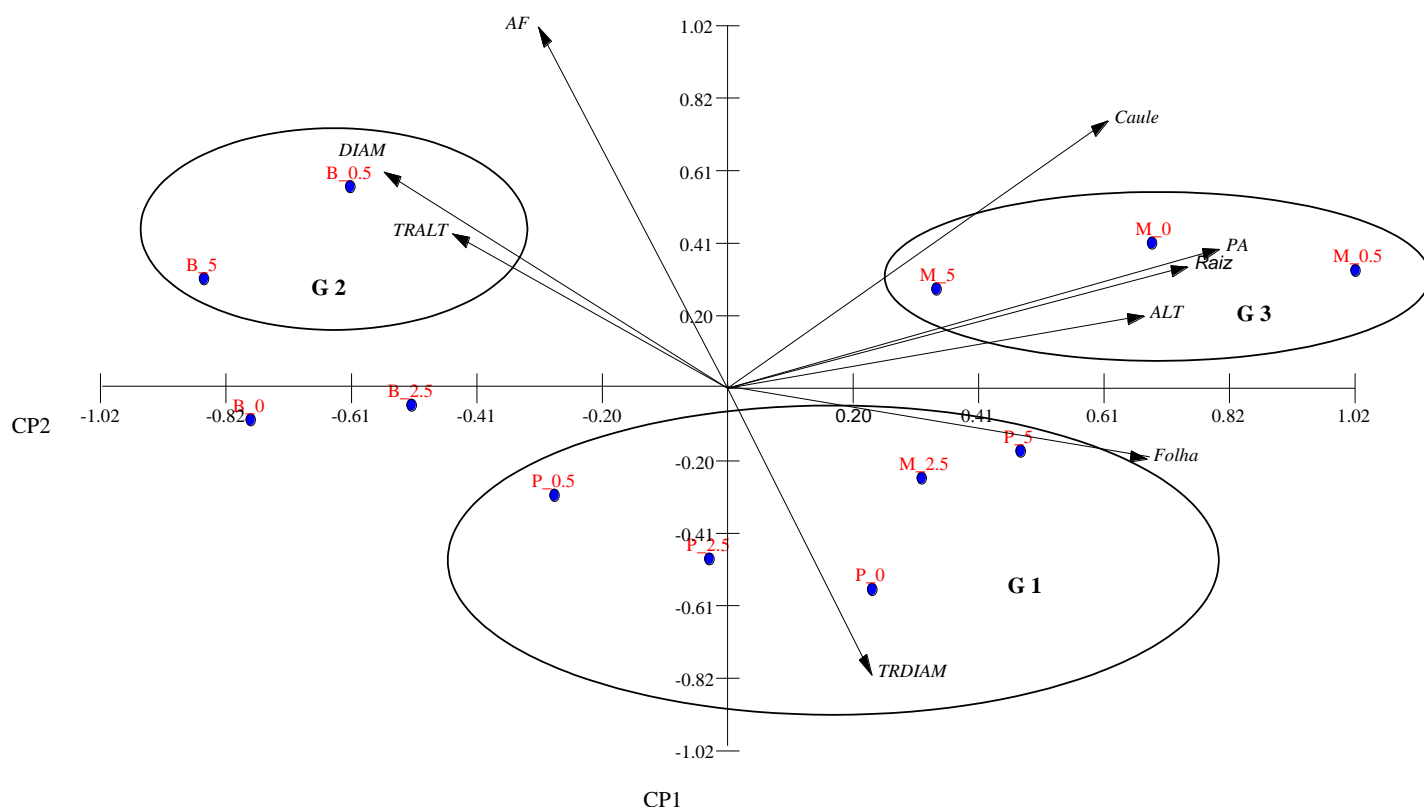
Verifica-se na Tabela 2 e na Figura 7 os autovetores e autovalores respectivamente das variáveis relacionadas ao crescimento das mudas cítricas. Para explicar satisfatoriamente a variabilidade entre as copas foram necessários três componentes principais que explicam 76,4% da variabilidade total dos dados.

**Tabela 2.** Autovetores de três componentes principais (CP1, CP2 e CP3) das variáveis relacionadas ao crescimento de mudas cítricas adubadas com boro.

Características	CP1	CP2	CP3
MS Folha	<b>0,384</b>	-0,111	-0,369
MS Caule	<b>0,347</b>	0,423	0,123
MS Raiz	<b>0,420</b>	0,193	0,030
MS total	<b>0,449</b>	0,220	-0,125
Altura	<b>0,380</b>	0,115	0,351
Diâmetro	<b>-0,315</b>	0,342	0,421
TRALT	<b>-0,252</b>	0,245	<b>0,628</b>
TRDIAM	0,131	<b>-0,453</b>	0,363
AF	0,174	<b>0,572</b>	0,075
$\lambda$	4,06	1,51	1,31
VA (%)	45,1	61,0	76,43

$\lambda$  = autovalor da matriz de correlação; VA = variância acumulada; TRALT = taxa relativa de crescimento em altura; TRDIAM = taxa relativa de diâmetro AF = área foliar; MS = massa da matéria seca (folha, caule, raiz e parte aérea); MS total = massa da matéria seca total da parte aérea (folha + caule).

Para o primeiro componente principal (CP1), as variáveis relacionadas foram massa seca (foliar, caulinar, radicular e total), altura das mudas, diâmetro do caule e taxa relativa de crescimento em altura (TRALT). Para o segundo componente principal (CP2), as principais variáveis foram a taxa relativa do diâmetro (TRDIAM) e a área foliar (AF). Já para o terceiro componente principal (CP3) foi a TRALT.



PA = parte aérea total (folha + caule); ALT = altura; TRDIAM = taxa relativa de diâmetro; TRALT = taxa relativa do crescimento em altura; AF = área foliar.

Copas: P = 'Ponkan'; M = 'Mexerica'; B = 'Bahia'. Boro (0; 0,5; 2,5; 5,0 mg L<sup>-1</sup>)

**Figura 7.** Autovalores das variáveis relacionadas ao crescimento de mudas cítricas nos dois primeiros componentes principais (CP1 e CP2) e agrupamento dos tratamentos.

Com base nos escores dos três primeiros componentes principais foram determinados três grupos de tratamentos (Figura 7). A tangerineira 'Mexerica' (Grupo 3) apresentou maiores valores de altura, parte aérea e raiz, apresentando os maiores scores no primeiro componente principal (CP1).

No Grupo 1, a tangerineira 'Ponkan' foi a que apresentou maior taxa relativa de diâmetro (TRDIAM).

No Grupo 2, constituído pela laranjeira 'Bahia' a taxa relativa de crescimento da altura e o diâmetro das mudas cítricas apresentaram os maiores valores.

No Grupo 3, a tangerineira 'Mexerica' foi a que apresentou maior massa da matéria seca total, massa da matéria seca radicular e altura das mudas.

#### 4. CONCLUSÕES

- ✓ Doses superiores a 2,0 mg L<sup>-1</sup> de boro proporcionaram maior altura nas mudas da tangerineira ‘Mexerica’;
- ✓ O diâmetro e demais características avaliadas não foram influenciadas pela adubação boratada;
- ✓ Formou-se três grupos de tratamentos em função das copas, sendo o grupo constituído pela tangerineira ‘Mexerica’ o que apresentou maior crescimento.

## 5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALVA, A. K.; PARAMASIVAM, S.; FARES, A.; OBREZA, T. A.; SCHUMANN, A. W. Nitrogen best management practice for citrus trees II. Nitrogen fate, transport, and components of N budget. **Scientia Horticulturae**, Amsterdam, v.109, p.223-233, 2006.

CHAPMAN, H. D. The mineral nutrition of citrus. In: REUTHER, L. D. (Ed.). *The Citrus Industry*. Riverside: Universidade da California. v. 2, p. 127-298, 1958.

DECHEN, A. R.; NACHTIGALL, G. R. Elementos requeridos à nutrição de plantas. In: NOVAIS, R. F.; V, V. H. A.; BARROS, N. F.; FONTES, R. L.; CANTARUTTI, R. B.; NEVES, J. C. L. **Fertilidade do solo**. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2007, p. 91-132.

EL-MOTAUM, R. HU, H.; BROWN, P. H. The relation tolerance of six *Prunus* rootstocks to boron and salinity. **Journal of the American Society for Horticultural Science**, Alexandria, v.119, n.6, p.1169-1175, 1994.

FERNANDES, P. D.; BRITO, M. E. B.; GHEY, H. R.; SOARES FILHO, W. dos S.; MELO, A. S. de; CARVALHO, P. T. Crescimento de híbridos e variedades porta-enxertos de citros sob salinidade. **Acta Scientiarum Agronomy**, Maringá, v.33, n.2, p.259-267, 2011.

FERNANDEZ, J. R. C. **Efeito de substratos, recipientes e adubação na formação de mudas de mangabeira** (*Hancornia speciosai* Gomes). 2002. 65 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária, Cuiabá, 2002.

FOCHESATO, M. L.; SOUZA, P. V. D. de; SCHÄFER, G.; MACIEL, H. S. Crescimento vegetativo de porta-enxertos de citros produzidos em substratos comerciais. **Ciência Rural**, v.37, n.4, p.970-975, 2007.

GOMES, W. de A. **Produção de mudas de porta-enxertos e sistema de condução de plantas borbulheiras cítricas em hidroponia**. 2013. 93f. Tese (Doutorado em Agronomia) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2013.



GRAVE, F.; FRANCO, E. T. H.; PACHECO, J. P.; SANTOS, S. R. **Crescimento de plantas jovens de açoita-cavalo em quatro diferentes substratos**. Ciência Florestal, Santa Maria, v.17, n.4, p.289-298, 2007.

GUIDONG, L.; CUNCANG, J.; YUNHUA, W. Distribution of boron and its forms in Young “Newhall” navel Orange (*Citrus sinensis* Osb.) plants grafted on two rootstocks in response to deficient and excessive boron. **Soil Science and Plant Nutrition**, Tokyo, v.57, p.93-104, 2011.

HOAGLAND, D. R.; ARNON, D. I. **The water culture method for growing plants without soils**. Berkeley: California Agricultural Experimental Station, 1950. 347 p.

HUNT, R. **Basic growth analysis: plant growth analysis for beginners**. London: Unwin Hyman, 1990. 112p.

IBGE - INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Levantamento da produção agrícola**. 2013. Disponível em: [ftp://ftp.ibge.gov.br/Producao\\_Agricola/Producao\\_Agricola\\_Municipal\\_\[anual\]/2013/tabelas\\_pdf/tabela03.pdf](ftp://ftp.ibge.gov.br/Producao_Agricola/Producao_Agricola_Municipal_[anual]/2013/tabelas_pdf/tabela03.pdf). Acesso em 11 de março de 2015.

JIANG, C.; WANG, Y.; LIV, G.; XIA, Y.; PENG, S.; ZHONG, B.; ZENG, Q. Effect of boron on the leaves etiolation and fruit fallen of Newhall novel orange. **Plant Nutrition and Fertilizer Science**, Beijing, v.15, p.656-661, 2009.

KELES, Y.; ÖNCEL, I.; YENICE, N. Relationship between boron content and antioxidant compounds in Citrus leaves taken from fields with different water source. **Plant and Soil**, Netherlands, v.265, p.345-353, 2004.

LACERDA, J. S. de; PEREIRA, W. E.; DIAS, T. J.; FREIRE, J. L. de O.; BRITO NETO, J. F.; COSTA, D. de S.; OLIVEIRA, C. J. de. Avaliação do crescimento de porta-enxertos de umbuzeiro (*Spondias tuberosa*) em substratos adubados com nitrogênio e boro. **Engenharia Ambiental**, Espírito Santo do Pinhal, v.6, n.2, p.519-531, 2009.

MAAS, E. V. Crop salt tolerance. In: TANJI, K. K (ed.) **Agricultural salinity assessment and management**. ASCE, Manuals and reports on engineering practice. ASCE, New York, 1990, p.262-304.

MALAVOLTA, E. **Manual de nutrição mineral de plantas**. São Paulo: Ceres. 2006. 638 p.

MARSCHNER, H. **Mineral nutrition of higher plants**. 2. ed. New York: Academic Press, 1995. 889p.

MATTOS JÚNIOR, P.; BOARETTO, R. M.; CORRÊA, E. R. de L.; ABREU, M. F. de; CARVALHO, S. A. de. Disponibilidade de boro em substrato para produção de porta-enxerto de citros em fase de sementeira. **Bragantina**, Campinas, v.67, n.4, p.983-989, 2008.

NABLE, R. O.; BANUELOS, G. S.; PAULL, J. G. Boron toxicity. **Plant and Soil**, Netherlands, v.198, p.181-198, 1997.

NASCIMENTO, A. K. S.; FERNANDES, P. D.; SUASSUNA, J. S.; OLIVEIRA, A. C. M.; SOUSA, M. S. S.; AZEVEDO, J. G. N. Tolerância de genótipos de citros ao estresse hídrico na fase de porta-enxerto. **Irriga**, Botucatu, ed. esp., p.438-452, 2012.

PAPADAKIS, I. E.; DIMASSI, N.; BOSABALIDIS, A. M.; THEORIOS, I. N.; PATAKAS, A.; GIANNAKOULA, A. Effects of B excesso on some physiological and anatomical parameters of 'Navelina' Orange plants grafted on two rootstocks. **Environmental and Experimental Botany**, Oxford, v.51, p.247-257, 2004.

PAPADAKIS, I. E.; DIMASSI, K. N.; THERIOS, I. N. Response of two citrus genotypes to six boron concentrations: concentration and distribution of nutrientes, total absorption, and nutriente use efficiency. **Australian Journal of Agricultural Research**, Australian, v.54, p.571-580, 2003.

QUAGGIO, J. A.; MATTOS JUNIOR, D. M.; CANTARELLA, H.; TANK JUNIOR, A. Fertilização com boro e zinco no solo em complementação à aplicação via foliar em laranjeira Pêra. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.38, n.5, p.627-634, 2003.

REID, R. Update on boron toxicity and tolerance in plants. In: XU, F. et al. (Eds.). **Advances in plant and animal boron nutrition**. Dordrecht: Springer, 2007, p.83-90.

SALISBURY, F. B.; ROSS, C. W. **Planta physiology**. 4. ed. Belmont: Wadsworth, 1991. 682p.

SAS. SAS/STAT 9.3. **User's guide** – Cary – NC: SAS INSTITUTE INC. 2011, 8621p.

SCALON, S. P. Q.; MUSSURY, R. M.; RIGONI, M. R.; SCALON FILHO, H. Crescimento inicial de mudas de *Bombacapsis glabra* (Pasq.) A. Robyns sob condição de sombreamento. **Revista Árvore**, Viçosa, v.27, n.6, p.753-758, 2003.

SHENG, O.; ZHOU, G.; WEI, Q.; PENG, S.; DENG, X. Effects of excess boron on growth, gas Exchange, and boron status of four Orange scion-rootstock combinations. **Journal of Plant Nutrition and Soil Science**, v.173, p.469-476, 2010.

SILVA, I. P. da; RODAS, C. L.; CARVALHO, J. G. de. Doses de boro no desenvolvimento do mamoeiro em solução nutritiva. **Revista Agrarian**, Dourados, v.7, n.23, p.171-175, 2014.

SILVA, R. B. G. da; SIMÕES, D.; SILVA, M. R. da. Qualidade de mudas clonais de *Eucalyptus urophylla* x *E. grandis* em função do substrato. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v.16, n.3, p.297-302. 2012.

SILVA, F. V. da; SOARES, F. A. L.; GHEY, H. R.; TRAVASSOS, K. D.; SUASSUNA, J. F.; CARDOSO, J. A. F. Produção de citros irrigados com água moderadamente salina. **Irriga**, Botucatu, ed. esp., p.396-407, 2012.

SOUZA, G. G. de.; NOVELINO, J. O.; SCALON, S. Q. de P.; MARCHETTI, M. E. Crescimento de mudas de maracujazeiro em função de adubação à base de boro e material de cupinzeiro. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia, v.41, n.2, p.170-178, 2011.

STUCHI, E. S.; ESPINOZA-NÚÑEZ, E.; MOURÃO FILHO, A.; ORTEGA, E. M. M. Vegetative growth, yield and fruit quality of four mandarin and hybrid cultivars on four rootstocks. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 30, n.3, p. 741-747, 2008.

YAMADA, T. Boro: será que estamos aplicando a dose suficiente para o adequado desenvolvimento das plantas? **Informações Agronômicas – POTAFOS**, n.90, p.1-5, 2000.

## **CAPITULO II**

### **COMPOSIÇÃO MINERAL DE MUDAS CÍTRICAS ADUBADAS COM BORO**

## RESUMO

Na produção de mudas, o estado nutricional das plantas deve ser considerado como ponto fundamental, uma vez que irá refletir no futuro pomar, originando um produto de qualidade. Pesquisas relacionadas com a adubação com micronutrientes em citros ainda são escassas. Portanto, objetivou-se com esse experimento determinar a composição mineral foliar de mudas cítricas em substrato adubado com boro. Utilizou-se um delineamento em blocos ao acaso no esquema fatorial com quatro doses de boro (0; 0,5; 2,5; 5,0 mg L<sup>-1</sup>), três copas (tangerineira ‘Ponkan’, tangerineira ‘Mexerica’ e laranjeira ‘Bahia’) e quatro repetições. As mudas foram transplantadas para vasos com capacidade de 3,6 L contendo apenas vermiculita expandida de textura fina. As mesmas foram irrigadas com solução nutritiva em dias alternados. No final do experimento foram determinados os teores foliares de macro e micronutrientes. Os dados foram submetidos a análise de variância, sendo os efeitos das doses de boro avaliadas mediante regressão polinomial, enquanto as médias das copas foram comparadas pelo teste de Tukey. Aplicou-se também análise de componentes principais e de agrupamento pelo método TwoStep Cluster. Com exceção do N, todos os demais macronutrientes apresentaram teores foliares inadequados para a cultura dos citros. O aumento da dose de boro reduziu o teor foliar de micronutrientes e provocou toxidez nas mudas cítricas. A laranjeira ‘Bahia’ apresentou maior teor foliar de nitrogênio e potássio, enquanto que a tangerineira ‘Ponkan’ apresentou maiores teores foliares de boro.

**Palavras-chave:** Nutrição mineral; produção de mudas; ácido bórico

## ABSTRACT

In seedling production, the nutritional status of plants should be considered as a key point, as it will reflect in the future orchard, resulting in a quality product. Searches related to fertilization with micronutrients in citrus are still scarce. Therefore, the aim of this experiment was to determine the leaf contents of macro and micronutrients of citrus seedlings in fertilized substrate with boron. It was used a randomized block design in a factorial 4x3, with four boron doses (0, 0.5, 2.5, 5.0 mg L<sup>-1</sup>), and three scions ('Ponkan' tangerine, 'Mexerica' tangerine and 'Bahia' orange) with four replications. The seedlings were transplanted to pots with 3.6 liter capacity containing expanded vermiculite of fine texture. The pots were irrigated with nutrient solution every two day. At the end of the experiment were determined foliar concentration of macro and micronutrients. Data were subjected to analysis of variance, and the effects of boron doses evaluated by polynomial regression, while the average of the crowns were compared by Tukey test. It applied also principal component analysis and cluster analysis. Except for N, all other macronutrients showed inadequate foliar for citrus culture. Increasing boron dose reduced the foliar micronutrient and caused toxicity in citrus seedlings. The 'Bahia' orange showed higher leaf content of nitrogen and potassium, while the Ponkan "tangerine' had higher leaf content of boron.

**Keywords:** Mineral nutrition; seedling production; boric acid

## 1 INTRODUÇÃO

A citricultura é uma das atividades mais importantes do cenário agrícola brasileiro (NASCIMENTO et al., 2012).

Por ser uma cultura cujo ciclo de vida é longo torna-se necessário o uso de mudas sadias, vigorosas, apresentando crescimento rápido e com um sistema radicular bem desenvolvido, visando dessa maneira a obtenção dos resultados desejados durante todo o ciclo da planta (ORIOLI; ORIOLI JÚNIOR; OLIVEIRA, 2008).

Na fase de produção de mudas o conhecimento do comportamento da combinação copa/porta-enxerto é importante, uma vez que tal interação pode contribuir para acelerar ou retardar o crescimento da muda (SCHÄFER, 2004). Para que a muda cítrica se desenvolva de forma satisfatória é necessário que a mesma seja cultivada em substratos que promovam o crescimento adequado, tanto em fase de sementeira quanto em viveiro (SPIER, 2008).

A produção de mudas em ambiente protegido requer atenção quanto aos métodos de adubação, específicos para cada porta-enxerto e para cada variedade copa utilizada (REZENDE et al., 2010), uma vez que a função da adubação é atender a demanda da planta e corrigir possíveis deficiências nutricionais principalmente de elementos pouco móveis, como é o caso do boro.

Vários autores (BERNARDI; CARMELLO; CARVALHO, 2000; MATTOS JÚNIOR; CARVALHO; PEDROSO, 2001; BOAVENTURA et al., 2004) estudaram a adubação com macronutrientes na produção de mudas em substrato. Por outro lado, estudos envolvendo micronutrientes não têm tido a mesma abordagem (MATTOS JÚNIOR et al., 2008).

Dentre os micronutrientes, o boro tem importante função fisiológica para o crescimento e desenvolvimento das plantas, além de desempenhar importante papel na estrutura e formação da parede celular e das membranas, metabolismo de carboidratos e no crescimento do tubo polínico (GOLDBACH; WIMMER, 2007; CAMACHO-CRISTÓBAL; REXACH; GONZÁLEZ-FONTES, 2008).

Em pomares de citros, a deficiência de boro é muito comum e é responsável por uma perda de produtividade e má qualidade dos frutos (SHORROCKS, 1997; HAN et al., 2008).

A toxidez por boro causa prejuízos relacionados ao menor crescimento do material vegetativo, com consequente atraso do período de formação da muda e perda da qualidade desejada.



Altas concentrações de boro nas raízes podem levar a altas concentrações do nutriente nas folhas, uma vez que o boro move-se passivamente a partir das raízes com o fluxo de transpiração acumulando primeiramente nas folhas maduras quando essa retransposição é restrita (TAKANO; MIWA; FUJIWARA, 2008). Porém, o desbalanço desse nutriente constitui um problema para algumas variedades de porta-enxertos, em decorrência da resposta característica dos citros, pois o sintoma visual da toxidez ocorre a níveis distintos de concentrações foliares do nutriente conforme a variedade (CHAPMAN, 1958).

Devido as poucas informações sobre as respostas de mudas cítricas após a exposição a teores elevados de boro, e o fato de ser pouco estudada a combinação entre muda/porta-enxerto em condições de ambiente protegido, torna-se de suma importância buscar respostas que possam nortear a produção de mudas, visando assim o melhor desenvolvimento da cultura.

Diante do exposto, objetivou-se com este experimento avaliar os teores foliares de macro e micronutrientes de mudas cítricas em substrato contendo apenas vermiculita e adubado com boro.

## 2 MATERIAL E MÉTODOS

### 2.1 Local do experimento e obtenção das mudas

O experimento foi desenvolvido em ambiente protegido localizado na Universidade Federal da Paraíba, em Areia-PB, durante os meses de condução do experimento efetuou-se a medição da temperatura interna e externa do ambiente, a qual variou de 23 a 31,5 °C.

Utilizaram-se mudas enxertadas de laranjeira ‘Bahia’ (*Citrus sinensis* L. Osbeck), tangerineira ‘Ponkan’ (*Citrus reticulata* Blanco) e tangerineira ‘Mexerica’ (*Citrus reticulata* Blanco) com um ano de idade e enxertadas em limoeiro Cravo (*Citrus limonia* L. Osbeck).

As mudas foram transplantadas para vasos plásticos com capacidade de 3,6 L preenchidos apenas com vermiculita expandida de textura fina. As mesmas foram irrigadas com a solução nutritiva de Hoagland e Arnon (1950), sendo que inicialmente usou-se meia força da solução, após 30 dias passou-se a irrigar as mudas com 100% da solução. As irrigações ocorreram em dias alternados e cada vaso recebeu 0,5 L de água contendo os respectivos tratamentos. A água utilizada foi proveniente de uma cisterna, cujas propriedades químicas encontram-se na Tabela 1.

**Tabela 1.** Análise de água utilizada na irrigação de mudas cítricas adubadas com boro

pH	C.E.	Ca <sup>++</sup>	Mg <sup>++</sup>	Na <sup>+</sup>	K <sup>+</sup>	SO <sub>4</sub> <sup>-2</sup>	CO <sub>3</sub> <sup>-2</sup>	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	Cl <sup>-</sup>	RAS	PSI	Clas.
	(dSm <sup>-1</sup> )	-----			mmol <sub>e</sub> L <sup>-1</sup>	-----						
7,21	0,326	1,20	0,40	1,33	0,10	0,37	0,00	-	1,5	1,49	***	C <sub>1</sub> S <sub>1</sub>

### 2.2 Delineamentos experimental

O delineamento experimental adotado foi de blocos ao acaso em esquema fatorial representado por doses de boro (0; 0,5; 2,5; 5,0 mg L<sup>-1</sup>), as quais foram determinadas com base na literatura considerando-se a deficiência, a suficiência e a toxidez de boro respectivamente, e três copas (laranjeira ‘Bahia’, tangerineiras ‘Ponkan’ e ‘Mexerica’), com quatro repetições. A unidade experimental foi composta por quatro mudas.

## **2.3 Características avaliadas**

Ao final do experimento aos 368 dias após o início da aplicação do boro as plantas foram coletadas e separadas em parte aérea e radicular. Sendo em seguida identificadas, acondicionadas em sacos de papel e levadas para secar em estufa de circulação forçada de ar a 60 °C até atingirem peso constante. Em seguida, as folhas foram moídas em moinho tipo Wiley TE-650® utilizando-se peneira de 20 mesh, e posteriormente colocado em potes plásticos previamente identificados e encaminhados ao Laboratório de Análise de Solo e Planta em Jaboticabal-SP. As análises de macro e micronutrientes foliares foram realizadas com base na metodologia descrita por Bataglia et al. (1983). Os teores de nitrogênio foliar foram determinados em soluções obtidas a partir de extratos preparados por digestão sulfúrica pelo método micro Kjeldahl; o fósforo foi determinado em extrato preparado via digestão. O enxofre, cálcio, manganês, cobre, ferro, manganês e zinco foram determinados a partir de leituras em espectrofotômetro de absorção atômica, enquanto que o boro foi determinado pelo método colorimétrico-curcumina.

## **2.6 Análise estatística**

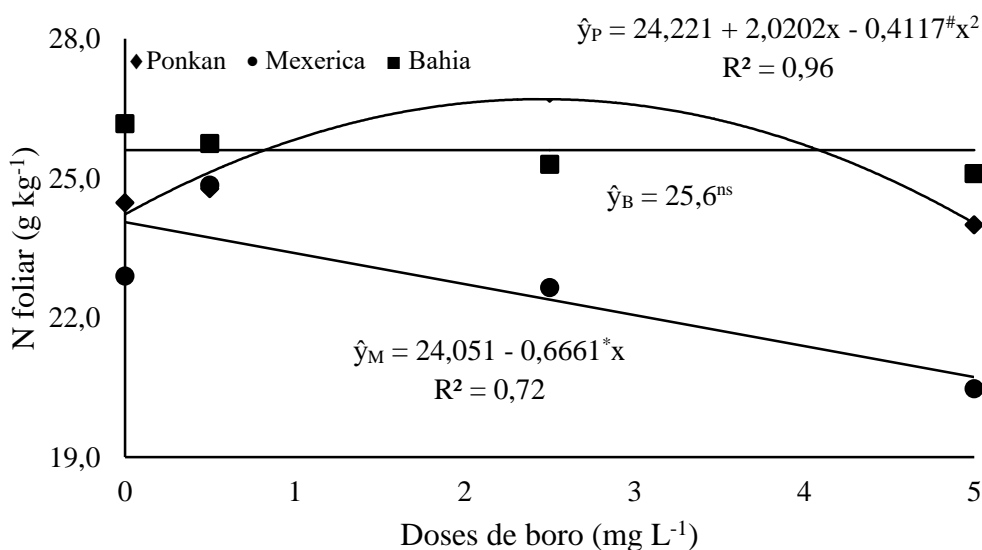
Os resultados foram submetidos inicialmente à análise de variância. Posteriormente, as médias das copas foram comparadas pelo teste de Tukey e os efeitos das doses de boro foram avaliadas aplicando-se análise de regressão polinomial. Realizou-se também a análise de componentes principais e de agrupamento pelo método TwoStep Cluster. Todas as análises foram realizadas com o software SAS 9.3 (SAS, 2011).

### 3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

#### 3.1 Teores foliares de macronutrientes

##### 3.1.1 Nitrogênio

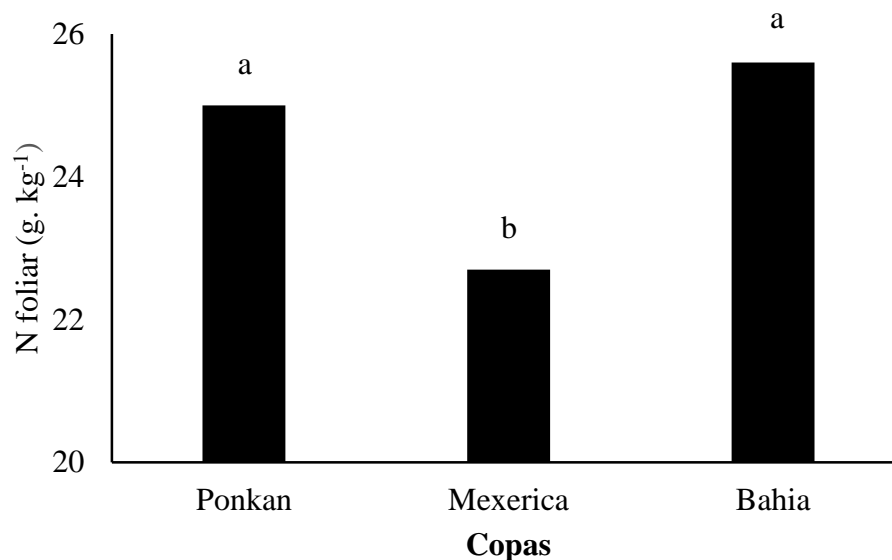
As mudas das tangerineiras ‘Ponkan’ e ‘Mexerica’ foram influenciadas pelas doses de boro. De modo que os teores foliares de nitrogênio diminuíram linearmente nas mudas da tangerineira ‘Mexerica’ com o aumento das doses de boro (Figura 1), enquanto que nas mudas da tangerineira ‘Ponkan’ houve um ajuste quadrático em função das doses de boro, a partir da dose de 2,45 mg L<sup>-1</sup> o teor foliar de nitrogênio das mudas da tangerineira ‘Ponkan’ reduziu. O teor foliar de N nas mudas da laranjeira ‘Bahia’ não foram influenciadas pelas doses de boro, com valor médio de 25,6 g kg<sup>-1</sup>.



#, \* = significativo a 10 e 5 % respectivamente pelo teste F

**Figura 1.** Teor foliar de nitrogênio de três copas cítricas cultivadas em vermiculita e adubado com doses de boro, aos 368 dias após o início da aplicação do boro.

Para as copas é possível verificar que houve diferença estatística entre as mesmas (Figura 2), de modo que a laranjeira ‘Bahia’ apresentou o teor médio de nitrogênio foliar de 25,6 g kg<sup>-1</sup> seguida pela tangerineira ‘Ponkan’ (25,0 g kg<sup>-1</sup>) e ‘Bahia’ (23 g kg<sup>-1</sup>).



Médias seguidas das mesmas letras não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

**Figura 2.** Teor foliar de nitrogênio de três copas cítricas cultivadas em vermiculita, aos 368 dias após o transplante.

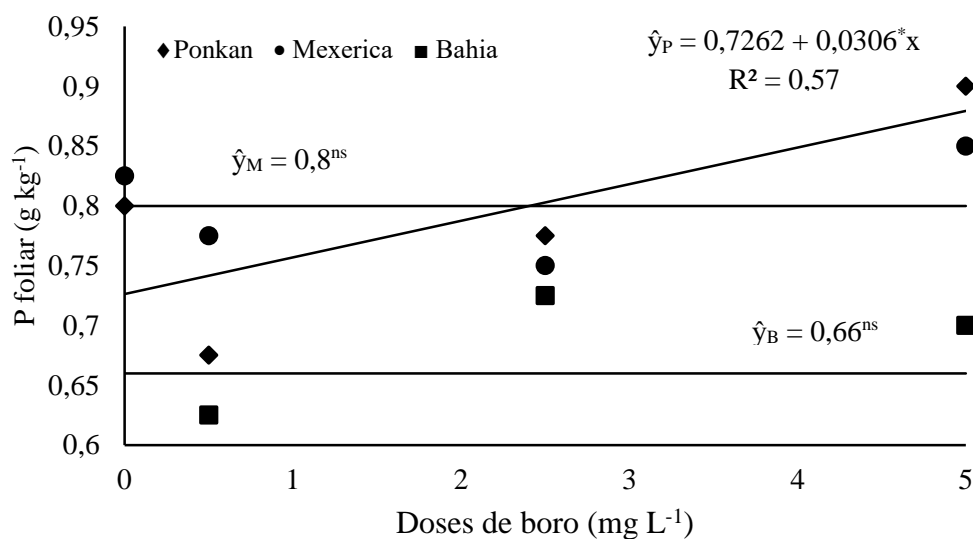
De acordo com Ribeiro, Guimarães e V (1999), os teores foliares de nitrogênio estão adequados para a cultura dos citros.

O teor foliar de N é um bom indicador para ajustar as doses de N definidas conforme a produção pendente de frutos (QUAGGIO; CANTARELLA; RAIJ, 1998).

### 3.1.2 Fósforo

O teor foliar de fósforo da tangerineira ‘Ponkan’ aumentou linearmente com a elevação das doses de boro (Figura 3). Já o teor foliar de fósforo nas mudas da tangerineira ‘Mexerica’ e laranjeira ‘Bahia’ não foram influenciadas pelas doses de boro.

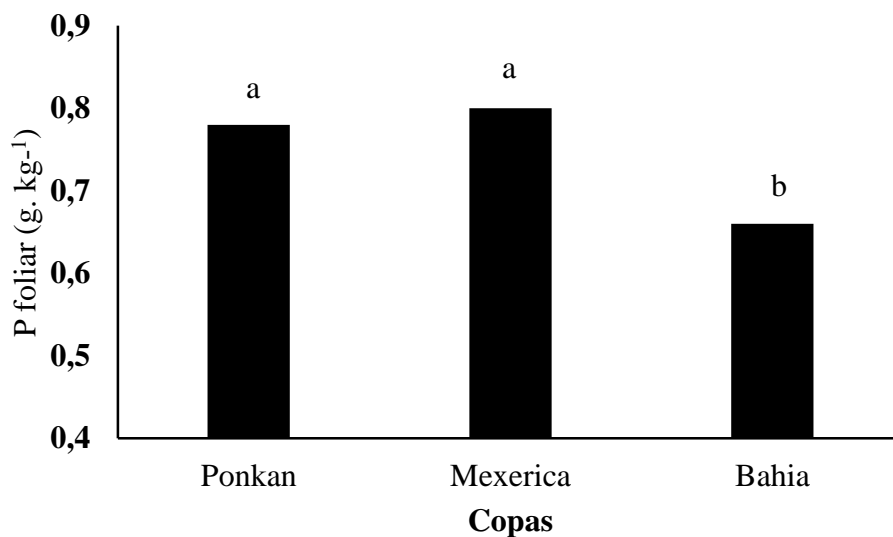
O teor médio de fósforo foliar encontrado foi 0,78; 0,8 e 0,66 g kg<sup>-1</sup> respectivamente para as tangerineiras ‘Ponkan’ e ‘Mexerica’, e laranjeira ‘Bahia’, respectivamente. Os mesmos encontram-se abaixo dos recomendados para a cultura (RIBEIRO; GUIMARÃES; V., 1999).



\* = significativo a 5 % pelo teste F

**Figura 3.** Teor foliar de fósforo de três copas cítricas cultivadas em vermiculita e adubado com doses de boro, aos 368 dias após o início da aplicação do boro.

Entre as copas verificou-se diferença estatística (Figura 4), tendo a tangerineira ‘Mexerica’ apresentado teor foliar médio de fósforo de 0,80 g kg⁻¹ superior as demais copas.



Médias seguidas das mesmas letras não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

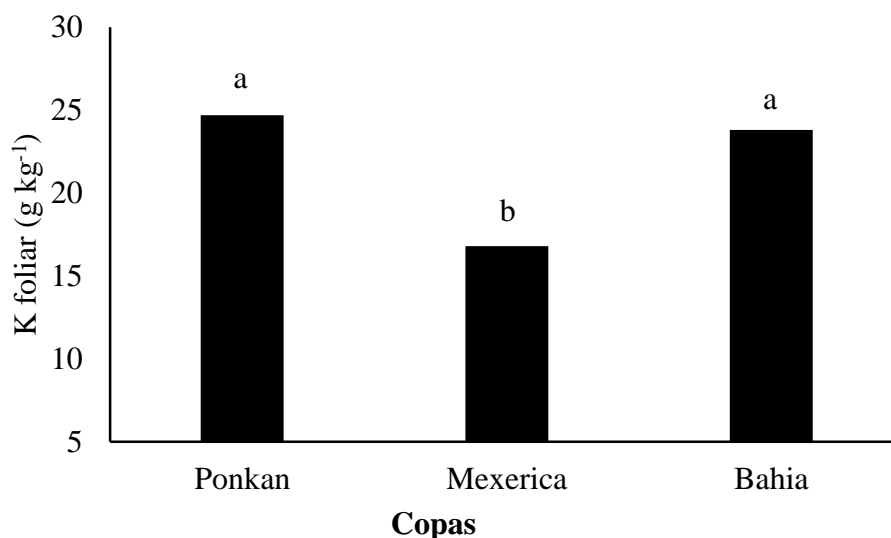
**Figura 4.** Teor foliar de fósforo de três copas cítricas cultivadas em vermiculita, aos 368 dias após o transplantio.

O fósforo é exigido em menor quantidade pelas plantas cítricas (FAQUIN, 2005). Apesar da pouca exigência por fósforo, os teores de N foliar adequados encontrados nessa pesquisa influenciaram ainda mais na disponibilidade de fósforo para as mudas cítricas.

De acordo com Del Rivero (1964) a absorção de boro pelos citros reduz o teor foliar de fósforo e favorece a relação K:Ca, aumentando dessa forma o teor de potássio e diminuindo o de cálcio.

### 3.1.3 Potássio

O teor foliar de potássio não foi influenciado pelas doses de boro. É possível verificar que para as copas, houve diferença estatística entre as mesmas, sendo que as mudas da tangerineira ‘Ponkan’ e da laranjeira ‘Bahia’ não diferiram entre si, apresentando médias de 24,7 e 23,3 g kg<sup>-1</sup> respectivamente. Já as mudas da tangerineira ‘Mexerica’ apresentaram menor teor de potássio, correspondente a 16,8 g kg<sup>-1</sup> (Figura 5).



Médias seguidas das mesmas letras não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

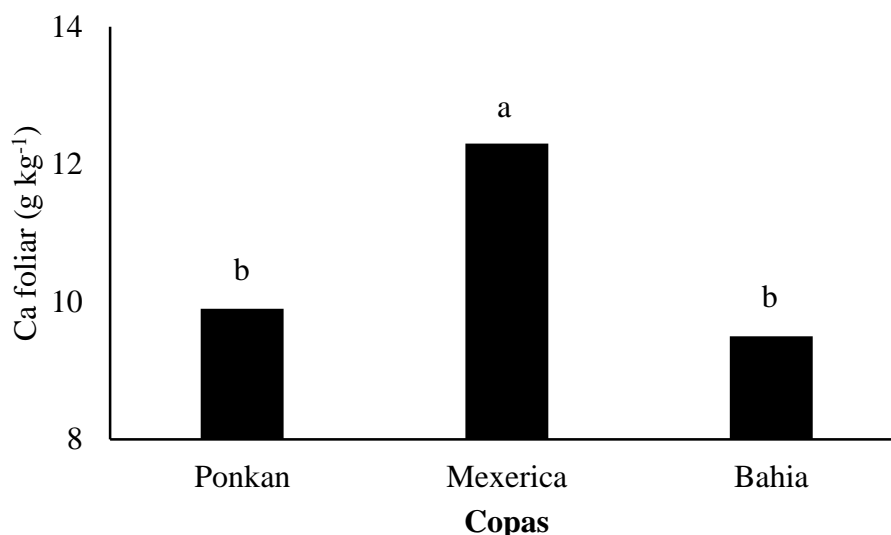
**Figura 5.** Teor foliar de potássio de três copas cítricas cultivadas em vermiculita, aos 368 dias após o transplântio.

De acordo com Ribeiro, Guimarães e V. (1999), os teores foliares de potássio estão acima dos recomendados para a cultura (10 a 15 g kg<sup>-1</sup>). Apesar do efeito antagônico existente entre o N e o K, nessa pesquisa os valores adequados de nitrogênio não influenciaram nos níveis

foliares de potássio das mudas cítricas. De acordo com Reese e Koo (1975), o aumento dos níveis de potássio resultam apenas em aumento dos teores do elemento, mas não interferem nos teores de N.

### 3.1.4 Cálcio

As doses de boro não influenciaram o teor foliar de cálcio das mudas cítricas estudadas. Comportamento diferente foi verificado pelas copas cítricas, as quais diferiram estatisticamente entre si (Figura 6), tendo a tangerineira ‘Mexerica’ apresentado maior teor de cálcio ( $12,3 \text{ g kg}^{-1}$ ), seguida pela tangerineira ‘Ponkan’ e a laranjeira ‘Bahia’. Os teores encontrados estão muito abaixo dos recomendados para a cultura do citros ( $35 \text{ a } 45 \text{ g kg}^{-1}$ ) (RIBEIRO; GUIMARÃES; V., 1999).



Médias seguidas das mesmas letras não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

**Figura 6.** Teor foliar de cálcio de três copas cítricas cultivadas em vermiculita, aos 368 dias após o transplantio.

Os resultados obtidos estão de acordo com os observados por Khan et al. (2012), os quais verificaram que os teores foliares de Ca das mudas cítricas não foram influenciados pela adubação com boro e zinco.

Um das peculiaridades das plantas cítricas é o fato da concentração de Ca nas folhas ser superior à de outros nutrientes, incluindo o N, em todos os tecidos, com exceção dos frutos,

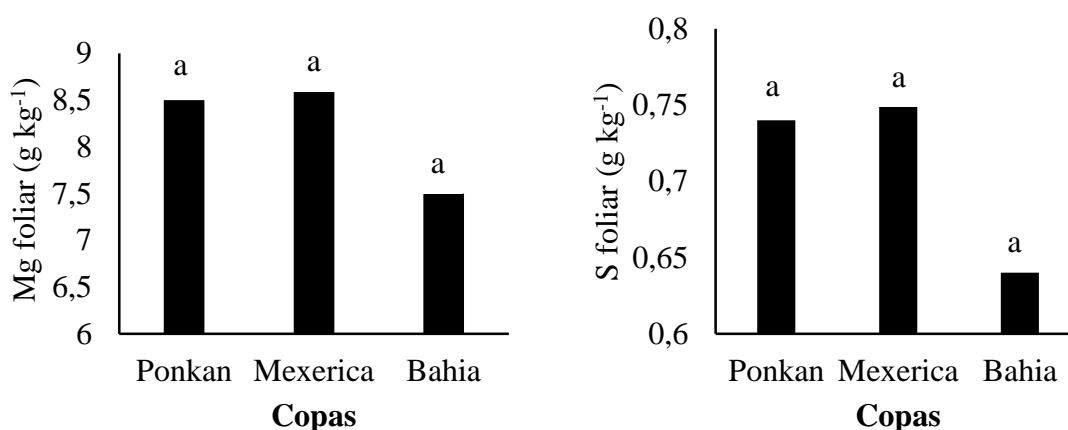


cuja característica não é comum a outras culturas (MATTOS JÚNIOR; BOARETTO; QUAGGIO, 2012).

O boro e o cálcio são imóveis no floema, exceto algumas culturas que produzem polióis (sorbitol, manitol e dulcitol) que complexam os elementos e os translocam para diferentes partes da planta.

### 3.1.5 Magnésio e Enxofre

Assim como os demais macronutrientes os teores foliares de magnésio e enxofre não sofreram influência da adubação boratada (Figura 7). Também não houve diferença estatística entre as copas para ambos os teores foliares de magnésio e enxofre.



Médias seguidas das mesmas letras não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

**Figura 7.** Teores foliares de magnésio (Mg) e enxofre (S) de três copas cítricas cultivadas em vermiculita, aos 368 dias após o transplântio.

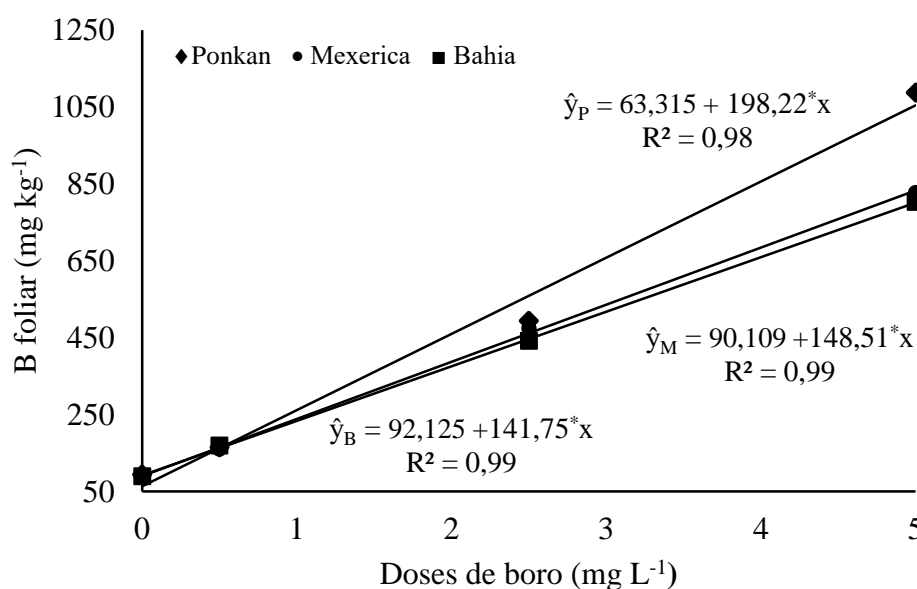
Os teores foliares de magnésio encontrados foram 8,5; 8,6 e 7,5 g kg<sup>-1</sup> para as tangerineiras ‘Ponkan’ e ‘Mexerica’, e para a laranjeira ‘Bahia’, respectivamente. De acordo com Ribeiro, Guimarães e V. (1999), os valores obtidos nessa pesquisa estão muito acima daqueles recomendados para a cultura (2,5 a 4 g kg<sup>-1</sup>). Já para o teor foliar de enxofre, os valores registrados foram de 0,74; 0,75 e 0,64 g kg<sup>-1</sup>, valores estão muito abaixo dos recomendados para os citros (2 a 3 g kg<sup>-1</sup>).

A concentração de macronutrientes nas partes da planta podem ocorrer conforme o crescimento da muda e o acúmulo de matéria seca (REZENDE et al., 2010). Aos 368 dias o acúmulo de macronutrientes obedeceu a seguinte ordem: N>K>Ca>Mg>P>S. Diferindo em alguns nutrientes dos resultados encontrados por Rezende et al. (2010) N>Ca>K>P>Mg>S e dos resultados obtidos por Tecchio et al. (2006) K>N>Ca>P>Mg>S em mudas cítricas.

## 3.2 Teores foliares de micronutrientes

### 3.2.1 Boro foliar

O teor foliar de boro aumentou linearmente com o incremento da adubação boratada (Figura 8).



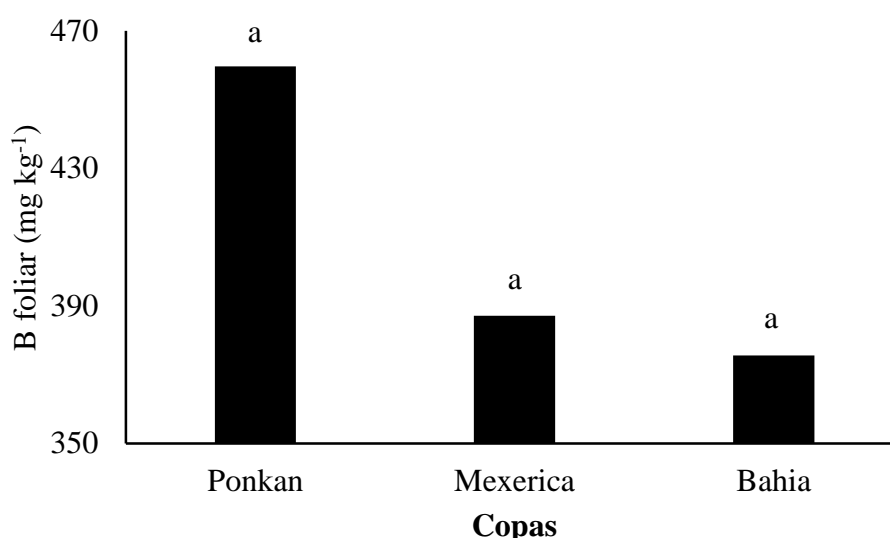
\* = significativo a 5 % pelo teste F

**Figura 8.** Teor foliar de boro de três copas cítricas cultivadas em vermiculita e adubado com doses de boro, aos 368 dias após o início da aplicação do boro.

Os resultados encontrados nesse experimento estão de acordo com os observados por Silva, Rodas e Carvalho (2014), Sheng et al. (2010), Mattos Júnior et al. (2008), e Papadakis et al. (2003) que verificaram aumento do teor de boro na folha proporcionalmente ao aumento das doses utilizadas.

O teor foliar de boro variou de 82 a 1221 mg kg<sup>-1</sup>, tais valores são bem superiores aos encontrados por Papadakis, Dimassi e Therios (2003), entre 0,13 e 4,13 mg kg<sup>-1</sup>. Segundo Ribeiro, Guimarães e V. (1999) os teores foliares de boro recomendados para a cultura dos citros fica em torno de 36 a 100 mg kg<sup>-1</sup>. Com base nesses valores e nos obtidos nessa pesquisa é oportuno afirmar que houve toxidez por boro.

As copas apresentaram teores bem acima do nível adequado para a cultura 459,7 g kg<sup>-1</sup>, 387,1 g kg<sup>-1</sup> e 375,6 g kg<sup>-1</sup> para as tangerineiras ‘Ponkan’ e ‘Mexerica’, e laranjeira ‘Bahia’, respectivamente (Figura 9).



Médias seguidas das mesmas letras não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

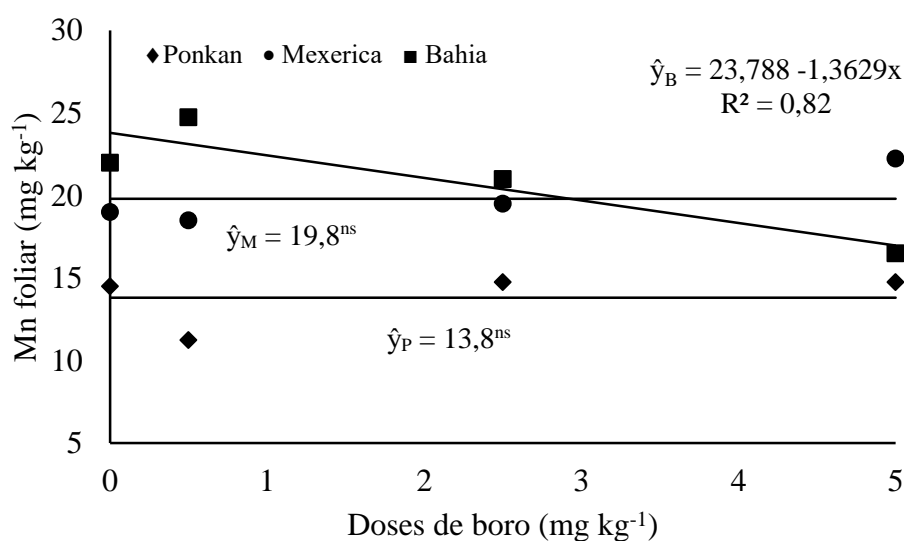
**Figura 9.** Teor foliar de boro de três copas cítricas cultivadas em vermiculita, aos 368 dias após o transplantio.

Esse aumento no teor foliar de boro pode ser explicado pelo fato que o transporte de boro através do xilema ser altamente influenciado pela transpiração (BROWN; SHELP, 1997). A alta concentração de boro nas folhas pode indicar que o micronutriente pode ter sido distribuído para as folhas via fluxo de transpiração e que a remobilização do boro das folhas para os outros órgãos é limitada (EATON, 1944).

Alguns trabalhos relatados na literatura afirmam haver variações na concentração de B nas folhas das plantas cítricas, de acordo com a variedade e o porta-enxerto (BOARETTO et al., 2008; PAPADAKIS et al., 2004; TAYLOR; DIMSEY, 1993).

### 3.2.2 Manganês

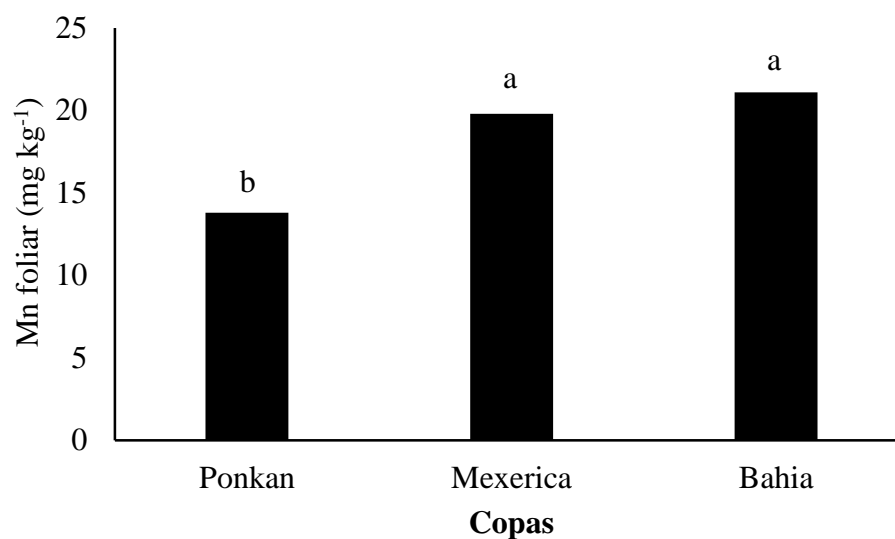
A adubação com boro diminuiu o teor de manganês foliar nas mudas cítricas de laranja 'Bahia' à medida que as doses de boro aumentaram no substrato (Figura 10). Já as mudas das tangerineiras 'Ponkan' e 'Mexerica' não foram influenciadas e apresentaram valor médio de manganês foliar de 13,8 e 19,8 mg kg<sup>-1</sup>.



\* = significativo a 5 % pelo teste F

**Figura 10.** Teor foliar de manganês (Mn) de três copas cítricas cultivadas em vermiculita e adubado com boro doses de boro, aos 368 dias após o início da aplicação do boro.

Os teores foliares de manganês encontrados nas copas das mudas cítricas diferiram estatisticamente entre si, variando de 13,8; 19,8 e 21,1 mg kg<sup>-1</sup> (Figura 11), considerados baixos para a cultura, que tem como teores foliares adequados valores de 35 a 50 mg kg<sup>-1</sup> (RIBEIRO; GUIMARÃES; V., 1999). O excesso de boro pode causar diminuição nos teores foliares de manganês (DEL RIVERO, 1964).



Médias seguidas das mesmas letras não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

**Figura 11.** Teor foliar de manganês de três copas cítricas cultivadas em vermiculita, aos 368 dias após o transplantio.

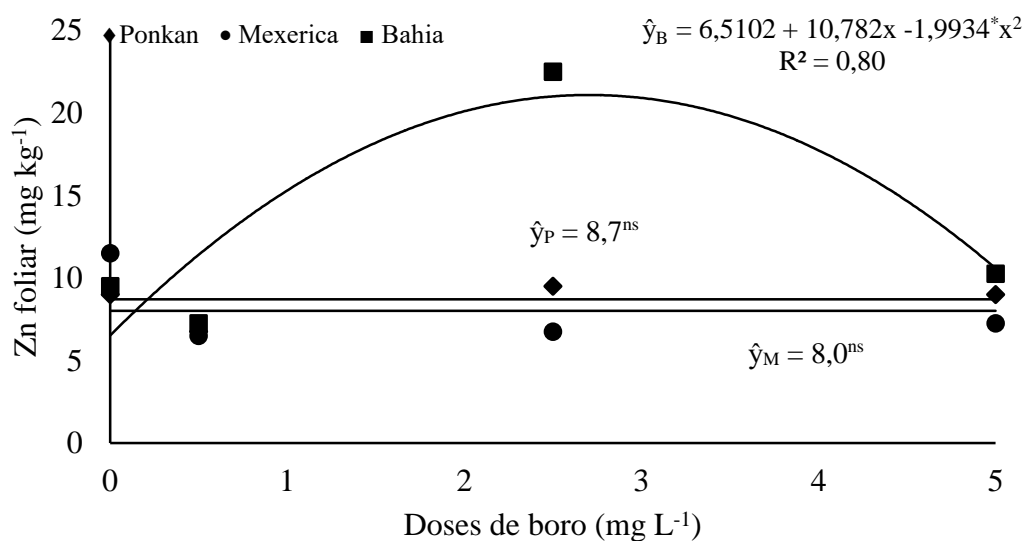
Essa redução do teor foliar de manganês pode ser por conta da interação negativa entre o B e Mn nas plantas cultivadas (ZAHARIEVA, 1986). Estudando o efeito da adubação com boro sobre dois porta-enxertos de citrus, Papadakis, Dimassi e Therios (2003) verificaram que o boro não afetou a absorção de manganês, concluindo que o excesso de B impediu o Mn de atuar eficazmente nos principais sítios metabólicos e nos órgãos dos dois porta-enxertos avaliados.

Os resultados encontrados estão de acordo com os obtidos por Ullah et al. (2012) e Sotiropoulos et al. (2006), que trabalhando com adubação foliar com boro em plantas de Kinnow mandarin (*Citrus reticulata* Blanco) e adubação de porta-enxertos de cereja, respectivamente, verificaram que a adubação foliar com boro reduziu o teor manganês nas folhas.

De acordo com Faquin (2005), os teores obtidos nesse experimento estão adequados para a cultura. Os teores considerados tóxicos para manganês (Mn) variam de acordo com a espécie de 100 a 7.000 mg kg<sup>-1</sup> (FAQUIN, 2005).

### 3.2.3 Zinco

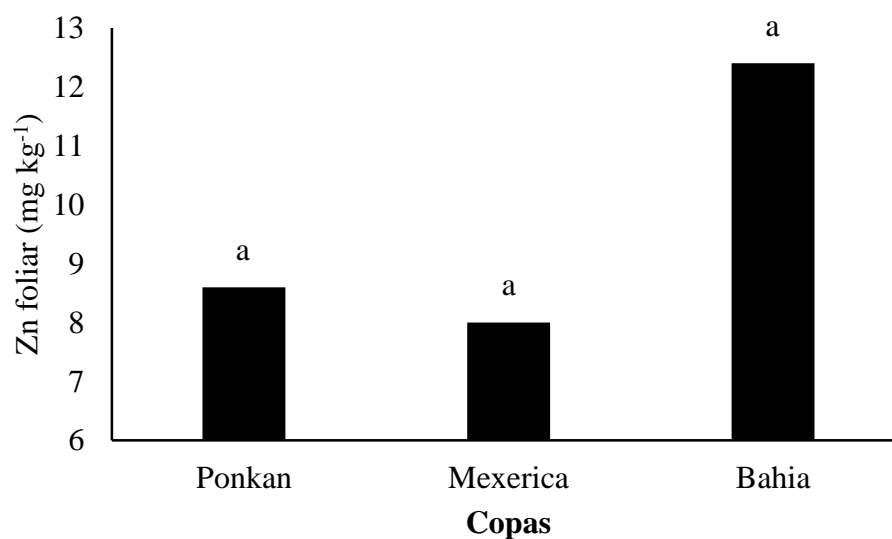
Verifica-se que houve um ajuste quadrático do teor de Zn na laranjeira ‘Bahia’ em função da adubação com boro (Figura 12). Comportamento diferente apresentaram as mudas das tangerineiras ‘Ponkan’ e ‘Mexerica’, as quais não sofreram influência da adubação boratada.



\* = significativo a 5 % pelo teste F

**Figura 12.** Teor foliar de zinco (Zn) de três copas cítricas cultivadas em vermiculita e adubado com doses de boro, aos 368 dias após o início da aplicação do boro.

As copas das mudas cítricas não diferiram estatisticamente (Figura 13), tendo as mudas da laranjeira ‘Bahia’ apresentado teor foliar de zinco de 12,4 mg kg<sup>-1</sup>, seguida pelas tangerineiras ‘Ponkan’ e ‘Mexerica’ que apresentaram teores médios foliares de 8,6 e 8,0 mg kg<sup>-1</sup>, respectivamente.



Médias seguidas das mesmas letras não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

**Figura 13.** Teor foliar de zinco de três copas cítricas cultivadas em vermiculita, aos 368 dias após o transplante.

Segundo Ribeiro, Guimarães e V. (1999), os teores de zinco das mudas cítricas estão muito abaixo dos recomendados para a cultura dos citros, uma vez que os valores adequados variam entre 35 a 50 mg kg<sup>-1</sup>. Tem sido relatado que níveis adequados de zinco em plantas estimula a fotossíntese, o metabolismo de ácidos nucléicos e a biossíntese de proteínas (KHAN et al., 2012).

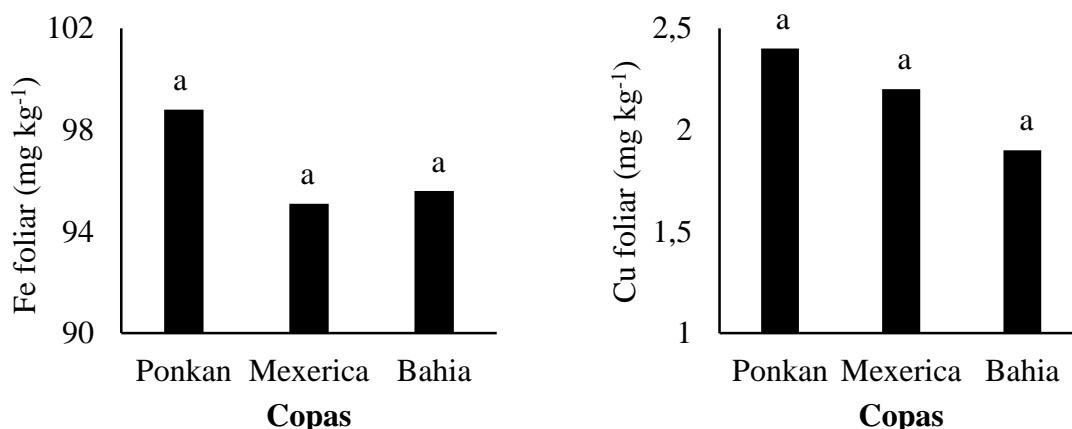
Os resultados encontrados nas tangerineiras ‘Ponkan’ e ‘Mexerica’ diferem dos obtidos por Khan et al. (2012), que estudando a adubação de mudas cítricas verificaram aumento nos teores foliares de zinco após a adubação com boro e zinco em mudas de Feutrell’s early (*Citrus reticulata* Blanco). O fato do zinco ser um elemento com baixa mobilidade em laranjeiras pode ter influenciado a absorção do mesmo por parte das mudas cítricas.

### 3.2.4 Ferro e cobre

Diferente dos demais micronutrientes, o ferro e o cobre não sofreram influência da adubação com boro (Figura 14), assim como também não houve diferença estatística entre as copas cítricas. Os teores foliares médios de ferro foram 98,8, 95,1 e 95,6 mg kg<sup>-1</sup> para as tangerineiras ‘Ponkan’ e ‘Mexerica’, e para a laranjeira ‘Bahia’ respectivamente. Tais teores

encontram-se dentro da faixa ótima para a cultura dos citros (RIBEIRO, GUIMARÃES; V., 1999).

Os teores foliares médios de cobre variaram de 2,4 a 1,9 mg kg<sup>-1</sup>. Os quais encontram-se abaixo da faixa ótima para a cultura (4 a 10 mg kg<sup>-1</sup>) no que se refere a nutrição adequada da muda cítrica (RIBEIRO; GUIMARÃES; V., 1999).



Médias seguidas das mesmas letras não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

**Figura 14.** Teores foliares de ferro (Fe) e cobre (Cu) de três copas cítricas cultivadas em vermiculita, aos 368 dias após o transplântio.

Às vezes, teores excessivos dos micronutrientes metálicos podem ser encontrados na análise de folhas sem que essa apresente sintomas de toxicidade, o que pode levar a interpretação errada do estado nutricional, pois estes nutrientes podem apenas estar aderidos na superfície da folha e sem estarem disponíveis para a planta (MATTOS JÚNIOR et al., 2012).

Aos 368 dias o acúmulo de micronutrientes obedeceu a seguinte ordem: Fe>Mn>Zn>Cu, os resultados corroboram com os obtidos por Rezende et al. (2010) Fe>Mn>Cu>Zn, sendo que os valores encontrados nessa pesquisa foram superiores aos de Rezende et al. (2010).

Os teores foliares dos nutrientes não dependem unicamente da disponibilidade do elemento no solo, pois sofrem influência de outros fatores, como taxa de crescimento da planta, idade da folha, combinações copa e porta-enxerto, e interações com outros nutrientes (MATTOS JÚNIOR et al., 2012).



### 3.3 Análise de componentes principais

A Tabela 2 e a Figura 15 apresentam os autovetores das variáveis relacionadas ao teor foliar de macro e micronutrientes de mudas de citros adubadas com boro. Visando explicar satisfatoriamente a variabilidade entre os tratamentos foram necessários três componentes, principais com variância acumulada de 72,5 %, da variabilidade total dos dados.

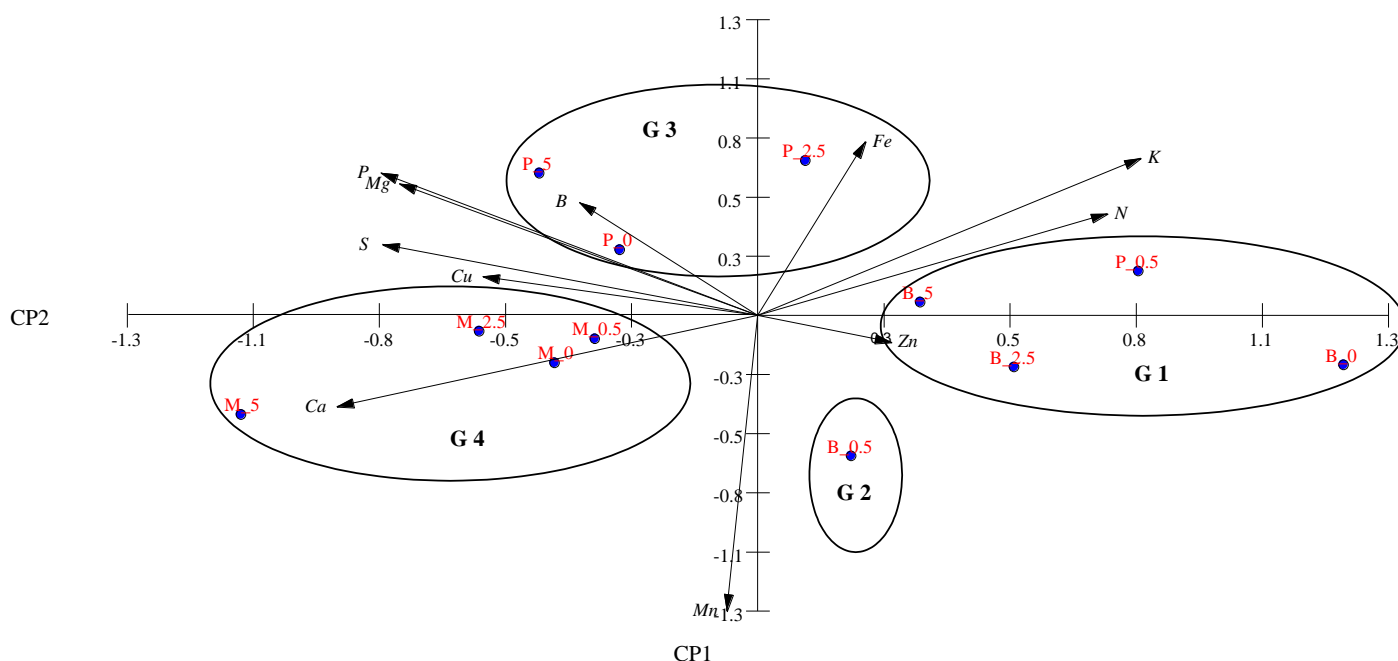
**Tabela 2.** Autovetores em três componentes principais (CP1, CP2 e CP3) dos teores foliares de macro e micronutrientes de mudas cítricas adubadas com boro.

Características	CP1	CP2	CP3
N	<b>0,350</b>	0,218	-0,253
P	<b>-0,378</b>	0,305	0,172
K	<b>0,384</b>	0,336	-0,073
Ca	<b>-0,422</b>	-0,195	0,036
Mg	<b>-0,359</b>	0,282	-0,021
S	<b>-0,376</b>	0,152	-0,272
B	-0,179	0,242	0,627
Fe	0,108	<b>0,372</b>	0,172
Mn	-0,031	<b>-0,632</b>	0,114
Zn	0,134	-0,057	<b>0,412</b>
Cu	<b>-0,276</b>	0,083	<b>-0,469</b>
$\lambda$	4,81	1,81	1,36
VA (%)	43,72	60,15	72,5

$\lambda$  = autovalor da matriz de correlação; VA = variância acumulada

Para o primeiro componente (CP1), as variáveis relacionadas foram os teores foliares de nitrogênio, fósforo, potássio, cálcio, magnésio e cobre. Já para o segundo componente principal (CP2), as principais variáveis foram ferro e manganês. Enquanto que para o terceiro componente principal (CP3) foram boro e cobre.

Com base nos escores dos três primeiros componentes principais foram determinados quatro grupos de tratamentos (Figura 15).



Copas: P = 'Ponkan'; M = 'Mexerica'; B = 'Bahia'. Boro (0; 0,5; 2,5; 5,0 mg L<sup>-1</sup>)

**Figura 15.** Autovalores das variáveis relacionadas ao teor foliar de nutrientes de mudas cítricas nos dois primeiros componentes principais (CP1 e CP2) e agrupamento dos tratamentos.

No grupo 1, a laranja 'Bahia' em três concentrações de boro e a tangerineira 'Ponkan' com 0,5 mg L<sup>-1</sup> de B apresentaram os maiores teores de N e K foliar.

A laranja 'Bahia' com a dose de 0,5 mg L<sup>-1</sup> (grupo 2) apresentou os maiores teores de manganês foliar e os menores de Fe. No grupo 3, os maiores teores de boro foliar foram observados na tangerineira 'Ponkan'.

No grupo 4, a tangerineira 'Mexerica' apresentou os maiores teores de P, Ca, Mg e S foliar.

#### 4. CONCLUSÕES

- ✓ Com exceção do N, todos os demais macronutrientes apresentaram teores foliares inadequados para a cultura dos citros;
- ✓ O aumento da dose de boro reduziu o teor foliar de micronutrientes e provocou toxidez nas mudas cítricas;
- ✓ A laranjeira 'Bahia' apresentou maior teor foliar de nitrogênio e potássio, enquanto que a tangerineira 'Ponkan' apresentou maiores teores foliares de boro;
- ✓ Formou-se quatro grupos de tratamentos, sendo o grupo constituído pela tangerineira 'Ponkan' o que apresentou maiores teores foliares de boro.

## 5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BATAGLIA, O. C.; FURLANI, A. M. C.; TEIXEIRA, J. P. F.; FURLANI, P. R.; GALLO, J. R. **Métodos de análise química de plantas**. Campinas: Instituto Agrônômico, 1983. 48p (Boletim Técnico, 78)

BERNARDI, A. C. de C.; CARMELLO, Q. A. de C.; CARVALHO, S. A. de. Macronutrientes em mudas de citros cultivadas em vasos em resposta à adubação NPK. **Scientia Agrícola**, Piracicaba, v.57, n.4, p.761-767, 2000.

BOARETTO, R. M.; QUAGGIO, J. A.; MOURÃO FILHO, F. A. A.; GINE, M. F.; BOARETTO, A. E. Absorption and mobility of boron in young citrus plants. **Communications in Soil Science and Plant Analysis**, Athens, v.39, p.2501-2514, 2008.

BOAVENTURA, P. R. R.; QUAGGIO, J. A.; ABREU, M. F.; BATAGLIA, O. C. Balanço de nutrientes na produção de mudas cítricas cultivadas em substrato. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 26, n. 2, p.300-305, 2004.

BROWN, P. H.; SHELPS, B. J. Boron mobility in plants. **Plant and Soil**, Holanda, v. 193, p.85-101, 1997.

CAMACHO-CRISTÓBAL, J. J.; REXACH, J.; GONZÁLEZ-FONTES, A. Boron in plants: deficiency and toxicity. **J. Integr. Plant Biol.**, v.50, n.10, p.1247-1255, 2008.

CHAPMAN, H. D. The mineral nutrition of citrus. In: REUTHER, L.D. (Ed.) *The Citrus Industry*. Riverside: Universidade da California. v. 2, p. 127-298, 1958.

DEL RIVERO, J. M. **Los estados de carencia en los agrios**. Madrid: Instituto Nacional de Investigaciones Agronomicas, 1964. 353p.

EATON, F. M. Deficiency, toxicity and accumulation of boron in plants. **Journal of Agricultural Research**, Washington, v.69, n.6, p.237-242, 1944.

FAQUIN, V. **Nutrição mineral de plantas**. Lavras: UFLA/FAEPE, 2005.

GOLDBACH, H. E.; WIMMER, M. A. Boron in plants and animals: is there a role beyond cell-wall structure? **Journal Plant Nutrition and Soil Science**, Germany, v.170, n.1, p.39-48, 2007.

HAN, S.; CHEN, L. S.; JIANG, H. X.; SMITH, B. R.; YANG, L. T.; XIE, C. Y. Boron deficiency decreases growth and photosynthesis, and increases starch and hexoses in leaves of citrus seedlings. **Journal Plant Physiology**, v.165, n.13, p.1331-1341, 2008.

HOAGLAND, D. R.; ARNON, D. I. **The water culture method for growing plants without soils**. Berkeley: California Agricultural Experimental Station, 347 p., 1950.

KHAN, A. S.; ULLAH, W.; MALIK, A. V.; AHMAD, R.; SALEEM, B. A.; RAJWANA, I. A. Exogenous applications of boron and zinc influence leaf nutrient status, tree growth and fruit quality of Feutrell's early (*Citrus reticulata* Blanco). **Pakistan Journal of Agricultural Sciences**, Pakistan, v.49, n.2, p.113-119, 2012.

MATTOS JÚNIOR, D.; BOARETTO, R. M.; QUAGGIO, J. A. Diagnose foliar na cultura dos citros. In: PRADO, R. de M. (Ed.) **Nutrição de plantas: diagnose foliar em plantas**. Jaboticabal: FCAV/CAPES/FAPESP/CNPq, 2012. 579p.

MATTOS JÚNIOR, P.; BOARETTO, R. M.; CORRÊA, E. R. de L.; ABREU, M. F. de; CARVALHO, S. A. de. Disponibilidade de boro em substrato para produção de porta-enxerto de citros em fase de sementeira. **Bragantina**, Campinas, v.67, n.4, p.983-989, 2008.

MATTOS JÚNIOR, D.; CARVALHO, S. A.; PEDROSO, F. G. Nitrogen fertilization for Rangpur lime (*Citrus limonia* (L.) Osb.) seedlings grown under screenhouse environment. **Proceedings of the International Congress of Citrus Nurserymen**, p.236-265, 2001.

MILNER, L. Manejo de irrigação e fertirrigação em substratos. In: FURLANI, A. M. C.; BATAGLIA, O. C.; ABREU, C. A.; FURLANI, P. R.; QUAGGIO, J. A.; MINAMI, K. **Caracterização, manejo e qualidade de substratos para produção de plantas**. Campinas: Instituto Agronômico, 2002. p.45-51. (Documentos, 70).

NASCIMENTO, A. K. S. do; FERNANDES, P. D.; SUASSUNA, J. F.; OLIVEIRA, A. C. M. de; SOUSA, M. S. da S.; AZEVEDO, J. G. N. Tolerância de genótipos de citros ao estresse hídrico na fase de porta-enxerto. **Irriga**, Botucatu, ed. especial, p.438-452, 2012.

ORIOLI, F. A.; ORIOLI JÚNIOR, V.; OLIVEIRA, A. L. de. Efeito de combinações de vermiculita e vermicomposto no desenvolvimento de porta-enxertos de limão cravo. **Nucleus**, Ituverava, v.5, n.1, p.252-257, 2008.

PAPADAKIS, I. E.; DIMASSI, N.; BOSABALIDIS, A. M.; THEORIOS, I. N.; PATAKAS, A.; GIANNAKOULA, A. Effects of B excess on some physiological and anatomical parameters of 'Navelina' Orange plants grafted on two rootstocks. **Environmental and Experimental Botany**, Oxford, v.51, p.247-257, 2004.

PAPADAKIS, I. E.; DIMASSI, K. N.; THERIOS, I. N. Response of two citrus genotypes to six boron concentrations: concentration and distribution of nutrientes, total absorption, and nutriente use efficiency. **Australian Journal of Agricultural Research**, Australian, v.54, p.571-580, 2003.

QUAGGIO, J. A.; CANTARELLA, H.; RAIJ, B. V.; Phosphorus and potassium soil test and nitrogen leaf analysis as a basis for citrus fertilization. **Nutriente Cycling in Agroecosystems**, v.52, p.67-74, 1998.

REESE, R. L.; KOO, R. C. J. Effects of N and K fertilization on leaf analysis, tree size and yield of three major Florida Orange cultivars. **Journal of the American Society for Horticultural Science**, v.100, p.195-198, 1975.

REZENDE, C. F. A.; FERNANDES, E. P.; SILVA, M. F. da; LEANDRO, W. M. Crescimento e acúmulo de nutrientes em mudas cítricas cultivadas em ambiente protegido. **Bioscience Journal**, Uberlândia, v.26, n.3, p.367-375, 2010.

RIBEIRO, A. C.; GUIMARÃES, P. T. G.; V, V. H. A. (Eds.). **Recomendações para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais – 5ª aproximação**. Viçosa: Comissão de Fertilidade do Solo do Estado de Minas Gerais – CFSEMG. 1999, 359P.

SAS. SAS/STAT 9.3. **User's guide** – Cary – NC: SAS INSTITUTE INC. 2011, 8621p.

SCHÄFER, G. **Produção de porta-enxertos cítricos em recipientes e ambiente protegido no Rio Grande do Sul**. 2004. 120f. Tese (Doutorado em Fitotecnia), Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2004.

SHENG, O.; ZHOU, G.; WEI, Q.; PENG, S.; DENG, X. Effects of excesso boro non growth, gas Exchange, and boron status of four Orange scion-rootstock combinations. **Journal of Plant Nutrition of Soil Science**, Weinheim, v.173, p.469-476, 2010.

SHORROCKS, V. M. The occurrence and correction of boron deficiency. **Plant and Soil**, v.193, p.121-148, 1997.

SILVA, I. P. da.; RODAS, C. L.; CARVALHO, J. G. de. Doses de boro no desenvolvimento do mamoeiro em solução nutritiva. **Revista Agrarian**, Dourados, v.7, n.23, p.171-175, 2014.

SMITH, P. F. Citrus nutrition. In: CHILDERS, N. F. (Ed.) **Nutrition of fruit crops**; temperate to tropical fruit. New Brunswick: Rutgers the State of Universit, 1966. p.174-207.

SPIER, M. **Ajuste de metodologias para análise física de substratos e teste do resíduo de cana-de-açúcar para o cultivo de plantas**. 2008. 102f. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia). Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2008.

SOTIROPOULOS T. E.; THERIOS, I. N.; ALMALIOTIS, D.; PAPADAKIS, I.; DIMASSI, K. N. Response of cherry rootstocks to boro non salinity. **Journal of Plant Nutrition**, Philadelphia, v.29, p.1691-1698, 2006.

TAKANO, J.; MIWA, K.; FUJIWARA, T. Boron transport mechanisms: collaboration of channels and transporters. **Trends Plant Science**, Kindlington, v.13, p.451-457.

TAYLOR, B. K.; DIMSEY R. T. Rootstock and scion effects on the leaf nutrient composition of citrus trees. **Australian Journal of Experimental Agriculture**, East Melbourne, v. 33, p. 363-371, 1993.

TECCHIO, M. A.; LEONEL, S.; LIMA, C. P.; VILLAS BOAS, R. L.; ALMEIDA, E. L. P.; CORRÊA, J. C. Crescimento e acúmulo de nutrientes no porta-enxerto citrumelo ‘Swingle’, cultivado em substrato. **Bioscience Journal**, Uberlândia, v.22, n.1, p.37-44, 2006.

ULLAH, S.; KHAN, A. S.; MALIK, A. V.; AFZAL, I.; SHAHID, N.; RAZZAQ, K. Foliar application of boron influences the leaf mineral status, vegetative and reproductive growth, yield and fruit quality of ‘Kinnow’ mandarin (*Citrus reticulata* Blanco). **Journal of Plant Nutrition**, Philadelphia, v.35, p.2067-2079, 2012.

ZAHARIEVA, T. Comparative studies of iron inefficient plant species with plant analysis. **Journal of Plant Nutrition**, Philadelphia, v.9, p.939-946, 1986.



### **CAPITULO III**

## **VARIÁVEIS FISIOLÓGICAS EM MUDAS CÍTRICAS ADUBADAS COM BORO**

## Resumo

O boro é um microelemento essencial para as plantas superiores. Existe um intervalo muito estreito entre a suficiência e a toxidez de boro. A toxidez por boro pode induzir a distúrbios no metabolismo, redução na taxa fotossintética e condutância estomática. Objetivou-se com este experimento avaliar a influência da adubação boratada sobre as trocas gasosas e índices de fluorescência em mudas cítricas. As mudas com um ano de idade foram enxertadas em limoeiro cravo (*Citrus limonia* L. Osbeck). Utilizou-se um delineamento em blocos ao acaso no esquema fatorial 4x3, sendo quatro doses de boro (0; 0,5; 2,5; 5,0 mg L<sup>-1</sup>), três copas (tangerineiras ‘Ponkan’ e ‘Mexerica’, e laranjeira ‘Bahia’) e quatro repetições. As mudas foram transplantadas para vasos com capacidade de 3,6 L. contendo apenas vermiculita expandida de textura final, nos quais foi utilizada a solução completa de Hoagland e Arnon. Aos 340 dias após o transplantio foram realizadas as leituras com os sensores de refletância (Multiplex®), sendo avaliado o teor simples de fluorescência, índice de flavonoides, índice de antocianinas e o índice de balanço de nitrogênio. As clorofilas “a” e “b” foram determinadas com o auxílio do Clorofilog e com o IRGA foram determinadas a fotossíntese líquida, transpiração, condutância estomática e concentração interna de CO<sub>2</sub>. Os dados foram submetidos a análise de variância, sendo as médias das copas comparadas pelo teste de Tukey e os efeitos das doses de boro avaliadas mediante análise de regressão polinomial, também foi realizada análise de componentes principais e de agrupamento pelo método TwoStep Cluster. A adubação boratada aumentou a transpiração das mudas e reduziu a fotossíntese; doses acima de 2,6 mg L<sup>-1</sup> reduzem o teor de clorofila das tangerineiras ‘Ponkan’ e ‘Mexerica’. O boro reduziu o índice de flavonoides.

**Palavras-chave:** Citros; condutância estomática; solução nutritiva.

## Abstract

Boron is an essential microelement for higher plants. There is a very narrow range between sufficiency and boron toxicity. The toxicity of boron can induce disturbances in metabolism, reduction in photosynthetic rate and stomatal conductance. The objective of this experiment was to evaluate the influence of fertilization borated on gas exchange and fluorescence levels in citrus seedlings. The seedlings with one year of age were grafted in Rangpur lime (*Citrus limonia* L. Osbeck). We used a randomized block design in a factorial scheme 4x3, with four boron doses (0, 0.5, 2.5, 5.0 mg L<sup>-1</sup>), three scions ('Ponkan' tangerine, 'Mexerica' tangerine and 'Bahia' orange) and four replicates. The seedlings were transplanted to pots with a capacity of 3.6 L. containing only expanded vermiculite fine texture, in which was used the complete solution of Hoagland and Arnon. To 340 days after transplanting were done readings with reflectance sensors (Multiplex®), and rated the simple fluorescence content, flavonoids index, anthocyanins index, and the balance index Nitrogen. Chlorophylls "a" and "b" were determined with the aid of Clorofilog and IRGA were determined net photosynthesis, sweating, and internal CO<sub>2</sub> concentration. Data were subjected to analysis of variance and the averages of the crowns compared by Tukey test and the effects of boron doses evaluated by polynomial regression analysis was also performed principal component analysis and cluster analysis. The borated fertilization increased transpiration of plants and reduced photosynthesis; above 2.6 mg L<sup>-1</sup> doses reduce the chlorophyll content of tangerine and Ponkan Tangerine. Boron reduced flavonoid content.

**Keywords:** Citrus; Stomatal conductance; nutrient solution.

## 1. INTRODUÇÃO

A formação de mudas cítricas com garantias de alta qualidade genética e sanitária faz parte das estratégias para manter a competitividade dos pomares (SETIN; CARVALHO, 2011).

Embora os macronutrientes ocupem papel principal na nutrição de citros, os micronutrientes também são essenciais para o crescimento reprodutivo e vegetativo, produção e qualidade dos frutos cítricos (ULLAH et al., 2012)

Dentre os micronutrientes, destaca-se o boro que é parte integrante do comportamento do crescimento e da produtividade das plantas cítricas, uma vez que o mesmo aumenta a germinação dos grãos de pólen, a elongação do tubo polínico, consequentemente a percentagem de frutificação e finalmente a produção (ABD-ALLAH, 2006).

A exigência de boro das plantas dicotiledôneas é maior do que qualquer outro micronutriente (MARSCHNER, 2012), existe uma linha muito tênue entre a deficiência e a toxidez por boro, tornando esse microelemento diferente dos demais micronutrientes (YUA; RUAN, 2008).

A deficiência de boro pode reduzir a expansão celular (DELL; HUANG, 1997) levando a uma rápida interrupção da elongação das raízes e a redução da expansão foliar, devido ao importante papel que o mesmo desempenha sob a estrutura e função na parede celular (MARSCHNER, 2012; DELL; HUANG, 1997).

Quando a concentração de boro é alta nas folhas isso pode induzir um distúrbio metabólico que dá origem a sintomas típicos de toxicidade, embora a causa permaneça incerta. Tem sido observado que a toxidez por boro pode causar depleção da fotossíntese em oliveiras (CHATZISSAVVIDIS; THERIOS, 2010) e em plantas de kiwi (SOTIROPOULOS et al., 2002).

Em citros, altas concentrações de boro na solução nutritiva podem inibir o crescimento da planta (altura das plantas, volume da raiz e massa seca de vários tecidos), resultando em sintomas de toxidez nas folhas velhas (PAPADAKIS; DIMASSI; THERIOS, 2003). Essa toxidez resulta em diminuição da taxa fotossintética e da condutância estomática causada por uma combinação de fatores como dano oxidativo, redução da atividade fotossintética das enzimas, prejudica a capacidade de transporte de elétrons, provoca alterações na estrutura da folha e na ultraestrutura dos cloroplastos (HAN et al., 2009; PAPADAKIS et al., 2004; KELES; ÖNCEL; YENICE, 2004).

Sabe-se que as plantas cítricas são sensíveis ao excesso de boro (MAAS, 1990). Dentre os vários fatores que podem induzir a toxidez por boro destacam-se o uso excessivo de fertilizante ricos em boro, a água de irrigação (NABLE; BANUELOS; PAULL, 1997; PARKS; EDWARDS, 2005).

Plantas estressadas modificam a absorção de energia luminosa que é usada para a conversão da quantidade fotossintética, fluorescência da clorofila e emissão de calor. O estresse também modifica o fluxo de energia de fótons através da folha alterando assim a absorção, refletância e propriedades de transmitância e a fluorescência azul-verde (TREMBLAY et al., 2012).

Os efeitos do boro sobre as culturas ainda não está totalmente claro, sendo necessário mais estudos aprofundados que busquem responder e confirmar os reais benefícios desse microelemento para o crescimento e desenvolvimento das culturas, visando dessa maneira uma melhor produção e qualidade dos frutos.

Diante do exposto, este experimento teve como objetivo avaliar o efeito da adubação boratada sobre as trocas gasosas, índices de clorofila e flavonoides.

## 2. MATERIAL E MÉTODOS

### 2.1 Local e obtenção das mudas

O experimento foi desenvolvido em ambiente protegido localizado no Campus II da Universidade Federal da Paraíba, em Areia-PB, durante os meses de condução do experimento efetuou-se a medição da temperatura interna e externa do ambiente, a qual variou de 23 a 31,5 °C.

Utilizaram-se mudas enxertadas de laranjeira ‘Bahia’ (*Citrus sinensis* L. Osbeck), tangerineiras ‘Ponkan’ (*Citrus reticulata* Blanco) e ‘Mexerica’ (*Citrus reticulata* Blanco) com um ano de idade e enxertadas em limoeiro ‘Cravo’ (*Citrus limonia* L. Osbeck).

As mudas foram transplantadas para vasos plásticos com capacidade de 3,6 L preenchidos apenas com vermiculita expandida de textura fina. As mesmas foram irrigadas com a solução nutritiva de Hoagland e Arnon (1950), sendo que inicialmente usou-se meia força da solução, após 30 dias passou-se a irrigar as mudas com 100% da solução. As irrigações ocorreram em dias alternados e cada vaso recebeu 0,5 L de água contendo os respectivos tratamentos. A água utilizada foi proveniente de uma cisterna, cujas propriedades químicas encontram-se na Tabela 1.

**Tabela 1.** Análise de água utilizada na irrigação de mudas cítricas adubadas com boro

pH	C.E.	Ca <sup>++</sup>	Mg <sup>++</sup>	Na <sup>+</sup>	K <sup>+</sup>	SO <sub>4</sub> <sup>-2</sup>	CO <sub>3</sub> <sup>-2</sup>	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	Cl <sup>-</sup>	RAS	PSI	Clas.
	(dSm <sup>-1</sup> )	----- mmol <sub>c</sub> L <sup>-1</sup> -----										
7,21	0,326	1,20	0,40	1,33	0,10	0,37	0,00	-	1,5	1,49	***	C <sub>1</sub> S <sub>1</sub>

### 2.2 Delineamento experimental

O delineamento experimental adotado foi em blocos ao acaso em esquema fatorial, sendo os fatores: doses de boro (0; 0,5; 2,5; 5,0 mg L<sup>-1</sup>), as quais foram determinadas com base na literatura considerando-se a deficiência, a suficiência e a toxidez de boro respectivamente, e

três copas (laranjeira ‘Bahia’, tangerineiras ‘Ponkan’ e ‘Mexerica’), com quatro repetições. A unidade experimental foi composta por quatro mudas.

## 2.3 Características avaliadas

### 2.3.1 Analisador de gás por infravermelho (IRGA)

As medições foram realizadas nas folhas das mudas cítricas. As variáveis: fotossíntese líquida (A), condutância estomática ( $g_s$ ), concentração interna de  $CO_2$  ( $C_i$ ) e a taxa de transpiração (E) foram medidas com o analisador de gás por infravermelho (IRGA), modelo 6400 XT, fabricado pela Licor USA.



As avaliações foram realizadas aos 340 dias após o início da aplicação com boro e no horário de 8:00 as 12:30, sendo utilizada a folha localizada no terço médio da muda, a qual encontrava-se totalmente expandida. O IRGA foi previamente calibrado em relação à concentração de  $CO_2$  e vapor d'água e zerado utilizando-se o ar sem  $CO_2$  e  $H_2O$ .

### 2.3.2 Multiplex®

O Multiplex® (Force – A, Orsay, França) é um sensor óptico que gera fluorescência nos tecidos da planta com uso de fontes múltiplas de excitação de luz (ultravioleta, azul, verde e vermelho) para estimar simultaneamente os teores de vários compostos, como antocianina, flavonoides, além do índice de balanço de nitrogênio e a taxa simples de fluorescência.



Através das leituras realizadas com o Multiplex® foi possível estimar simultaneamente o índice de antocianinas (ANTH), flavonoides (FLAV), taxa simples de fluorescência (SFR\_G) e índice de balanço de nitrogênio (NBI\_G). As avaliações foram efetuadas aos 340 dias após o início da aplicação com boro, no horário de 8:00 às 12:30.



### 2.3.3 Clorofilog

O medidor eletrônico de teor de clorofila, é um equipamento que permite identificar o estado das lavouras de forma simples e direta. O teor de clorofila é proporcional a nutrientes fundamentais, como nitrogênio (FALKER, 2015). O equipamento mede o teor de clorofila por método não destrutivo, permitindo o acompanhamento do estado nutricional da planta durante o seu desenvolvimento.



As leituras do teor de clorofila foram realizadas aos 340 dias após o início da aplicação do boro, no horário de 8:00 às 12:30, sendo utilizado o valor médio de cinco medidas efetuadas na parte adaxial da folha.

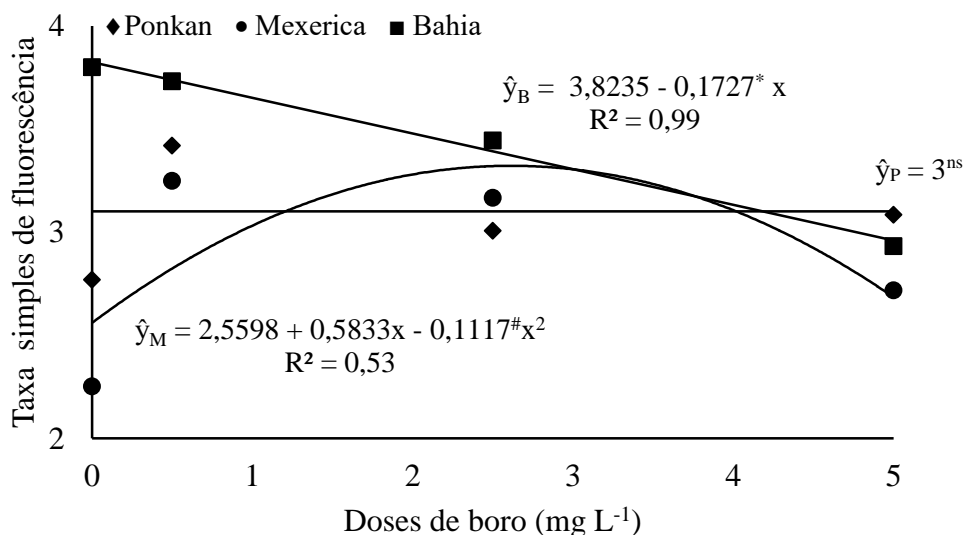
## 2.4 Análise estatística

Os resultados foram submetidos inicialmente à análise de variância. Posteriormente, as médias das copas foram comparadas pelo teste de Tukey e os efeitos das doses de boro foram avaliadas aplicando-se análise de regressão polinomial. Realizou-se também a análise de componentes principais e de agrupamento pelo método TwoStep Cluster. Todas as análises foram realizadas com o software SAS 9.3 (SAS, 2011).

### 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

#### 3.1 Taxas simples de fluorescência (SFR\_G)

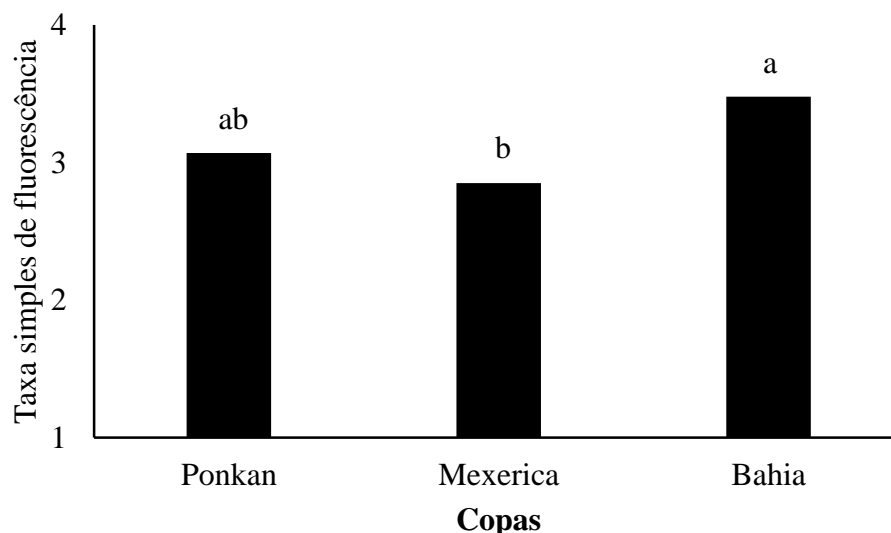
A taxa simples de fluorescência (SFR\_G) está diretamente relacionada ao teor de clorofila. É a razão entre a fluorescência da clorofila medida no vermelho distante e a fluorescência da clorofila no vermelho, em qualquer excitação no visível. Devido à sobreposição da absorção e ao espectro de emissão de clorofila, a reabsorção ocorre em comprimento de onda mais curto (vermelho) e não mais nos longos (infravermelho) (MULTIPLEX® 3.0 Force A, Orsay, Franca, 2010). Portanto, a SFR\_G das mudas de laranjeira ‘Bahia’ e tangerineira ‘Mexerica’ foram influenciadas pela adubação boratada (Figura 1). Nas mudas da laranjeira ‘Bahia’ verificou-se diminuição linear do teor de clorofila à medida que as doses de boro aumentaram no substrato. Já para as mudas da tangerineira ‘Mexerica’ houve um ajuste quadrático em função das doses de boro, de maneira que, quando a proporção de boro aumentou no substrato o conteúdo de clorofila aumentou inicialmente, atingindo o máximo valor estimado com 2,6 mg L<sup>-1</sup> de boro. As mudas da tangerineira ‘Ponkan’ não foram influenciadas pela adubação boratada e apresentaram um valor médio de 3,07.



\* e # = significativo a 5 e 10 %, respectivamente pelo teste F

**Figura 1.** Taxa simples de fluorescência de três copas cítricas cultivadas em vermiculita e adubada com doses de boro, aos 340 dias após o início da aplicação do boro.

Verificou-se também que houve diferença estatística entre as copas cítricas, e que as mudas da laranjeira ‘Bahia’ apresentaram um valor médio de taxa simples de fluorescência superior (3,48) as mudas das tangerineiras ‘Ponkan’ e ‘Mexerica’ (3,07 e 2,85, respectivamente) (Figura 2).



Médias seguidas das mesmas letras não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

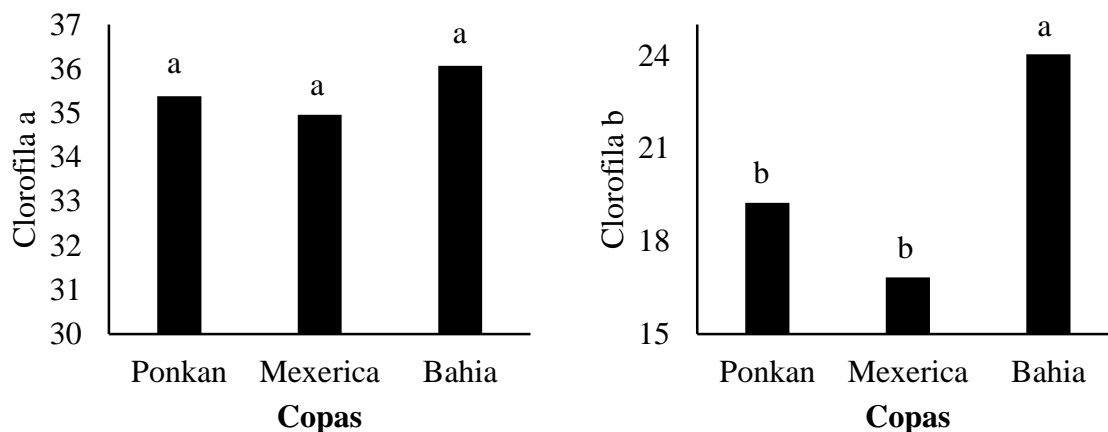
**Figura 2.** Taxa simples de fluorescência de três copas cítricas cultivadas em vermiculita aos 340 dias após o transplântio.

Em plantas deficientes de N ocorre redução dos teores de clorofila, diminuindo também a reflectância no infravermelho devido a mudanças na estrutura das células da planta, e esse decréscimo induz um aumento na reflectância no vermelho (AYALA-SILVA; BEYL, 2005).

### 3.2 Clorofila a e clorofila b

Não foi verificado efeito das doses de boro sobre os teores de clorofila “a” e “b”, (Figura 3). Para a clorofila “a” não houve diferença significativa entre as copas sendo as médias de clorofila “a” 35,4; 34,9 e 36,1 para as tangerineiras ‘Ponkan’ e ‘Mexerica’ e laranjeira ‘Bahia’, respectivamente. Já para a clorofila “b” verificou-se diferença significativa entre as copas (Figura 3), de maneira que, a laranjeira ‘Bahia’ apresentou maior índice de clorofila (24),

e as tangerineiras ‘Ponkan’ e ‘Mexerica’ não diferiram estatisticamente e apresentando valor médio de clorofila “b” de Os valores 19,2 e 16,8 respectivamente.



Médias seguidas das mesmas letras não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

**Figura 3.** Índice de clorofila “a” e “b” de três copas cítricas cultivadas em vermiculita aos 340 dias após o transplante.

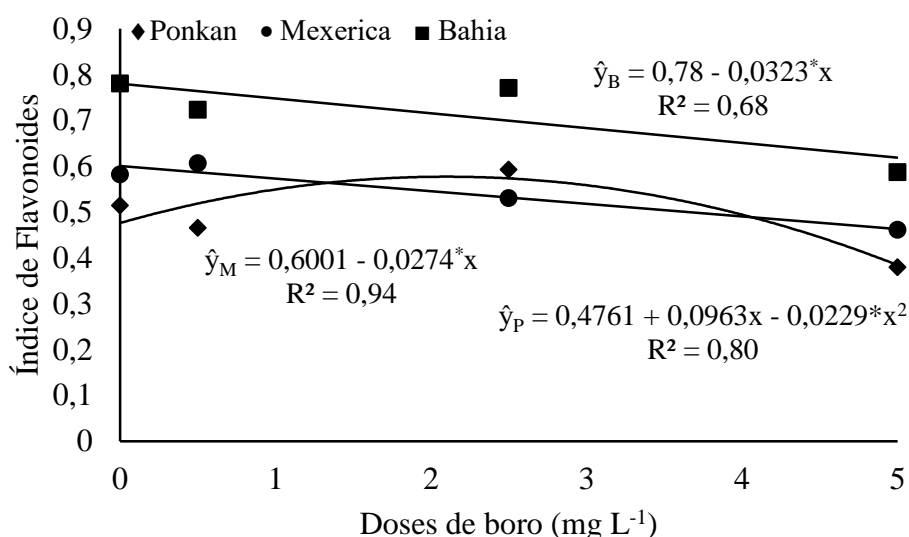
Um dos fatores que determinam a eficiência na absorção de luz pela folha é o teor de clorofila, pois quanto maior o teor de clorofila maior será a proporção de luz incidente absorvida (SANT’ANNA, 2009). Com a determinação da clorofila pode-se obter uma estimativa indireta do estado nutricional da planta (RAMBO et al., 2004). O conteúdo de clorofila em folhas é conhecidamente relacionado à disponibilidade de N nas folhas (SCHLEMMER et al., 2005), sendo possível através da concentração de clorofila prever a dose ótima de adubação nitrogenada (PELTONEN et al., 1995).

Além do teor de N outros fatores podem influenciar a concentração de clorofila como o status de água e a variedade (SHAVER; KHOSLA; WESTFALL, 2011).

As clorofilas a e b são pigmentos chave das reações luminosas. Mas apenas a clorofila “a” pode participar diretamente nas reações luminosas que convertem energia solar a energia química (LICHTERTHALER; MIEHÉ, 1997).

### 3.3 Índices de flavonoides

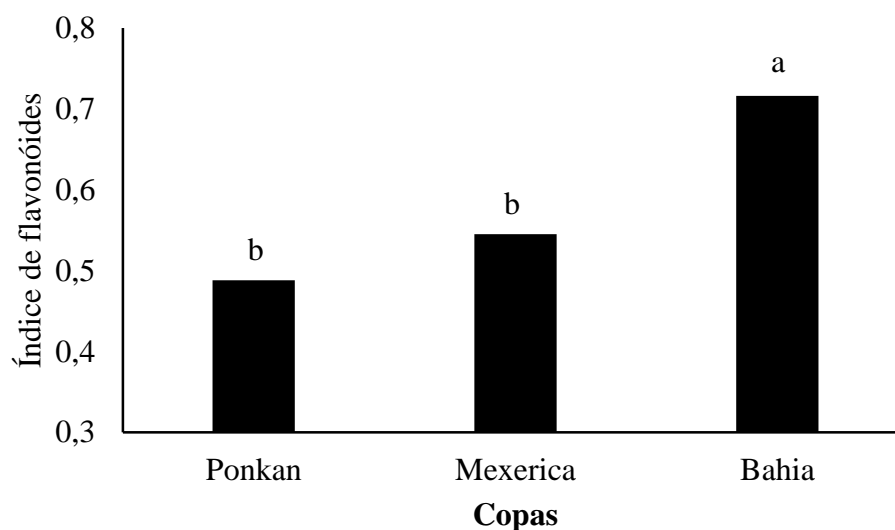
O índice de flavonoides das mudas cítricas foi influenciado pela adubação com boro (Figura 4). Nas mudas da laranjeira ‘Bahia’ e da tangerineira ‘Mexerica’ verificou-se diminuição linear no índice de flavonoides à medida que as doses de boro aumentaram no substrato. Já para as mudas da tangerineira ‘Ponkan’ houve ajuste quadrático em função das doses de boro, de maneira que, quando a proporção de boro aumentou no substrato o índice de flavonoides aumentou inicialmente, atingindo o máximo valor estimado com 2,1 mg L<sup>-1</sup> de boro.



\* = significativo a 5% pelo teste F

**Figura 4.** Índice de flavonoides de três copas cítricas cultivadas em vermiculita e adubado com doses de boro, aos 368 dias após o início da aplicação do boro.

Verifica-se na Figura 5 que houve diferença estatística entre as copas cítricas, e que as mudas da laranjeira ‘Bahia’ apresentaram maior índice de flavonoides (0,716), seguida pela Tangerineiras ‘Ponkan’ e ‘Mexerica’ (0,488 e 0,545), respectivamente.



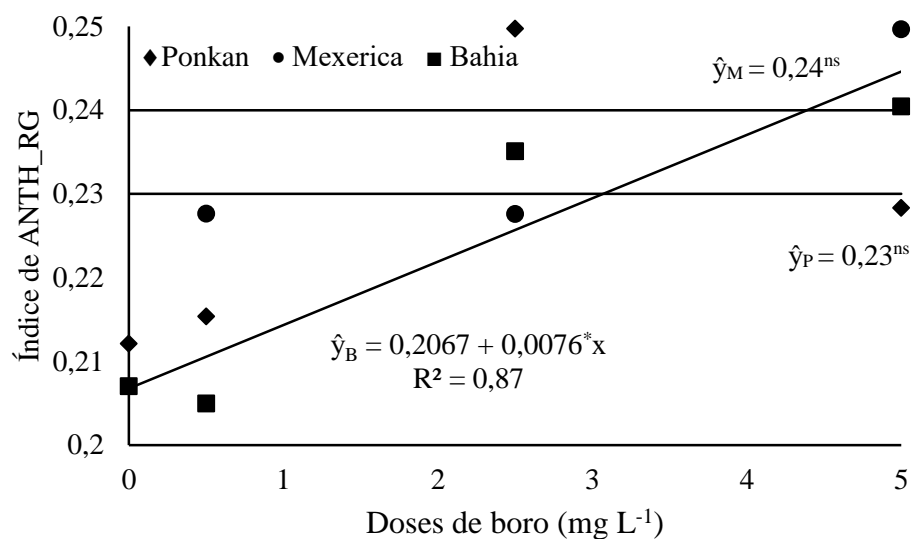
Médias seguidas das mesmas letras não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

**Figura 5.** Índice de flavonóides de três copas cítricas cultivadas em vermiculita aos 368 dias após o transplante.

Os flavonoides são uma classe de polifenóis, que fazem parte do metabolismo secundário, cujo teor aumenta com a menor disponibilidade de nitrogênio (BRAGAZZA; FREEMAN, 2007; LIU et al., 2010), e que é geralmente inversamente relacionado ao conteúdo de clorofila. (TREMBLAY et al., 2012).

### 3.4 Índices de antocianinas (ANTH\_RG)

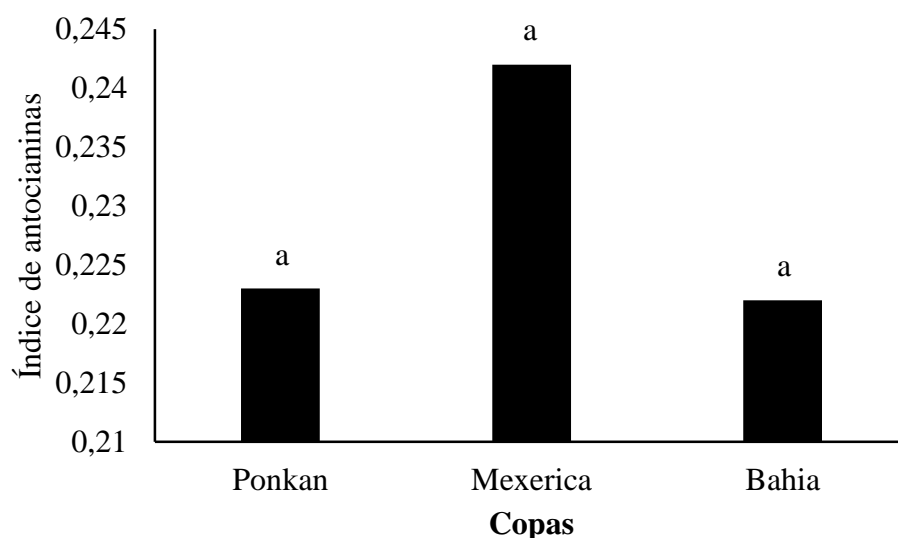
Observa-se na Figura 6 que nas mudas da laranjeira ‘Bahia’ houve um aumento linear do índice de antocianina em função da adubação boratada. Comportamento contrário apresentaram as mudas das tangerineiras ‘Ponkan’ e ‘Mexerica’, as quais não foram influenciadas pela adubação com boro, apresentando um valor médio de 0,226 e 0,242, respectivamente.



\* = significativo a 5% pelo teste F

**Figura 6.** Índice de antocianinas analisadas na parte vegetal (folhas) de três copas cítricas cultivadas em vermiculita e adubado com doses de boro, aos 340 dias após o início da aplicação do boro.

Não houve diferença estatística entre as copas com relação ao índice de antocianinas (Figura 7), tendo a tangerineira ‘Mexerica’ apresentado maior valor médio de antocianinas (0,242).



Médias seguidas das mesmas letras não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

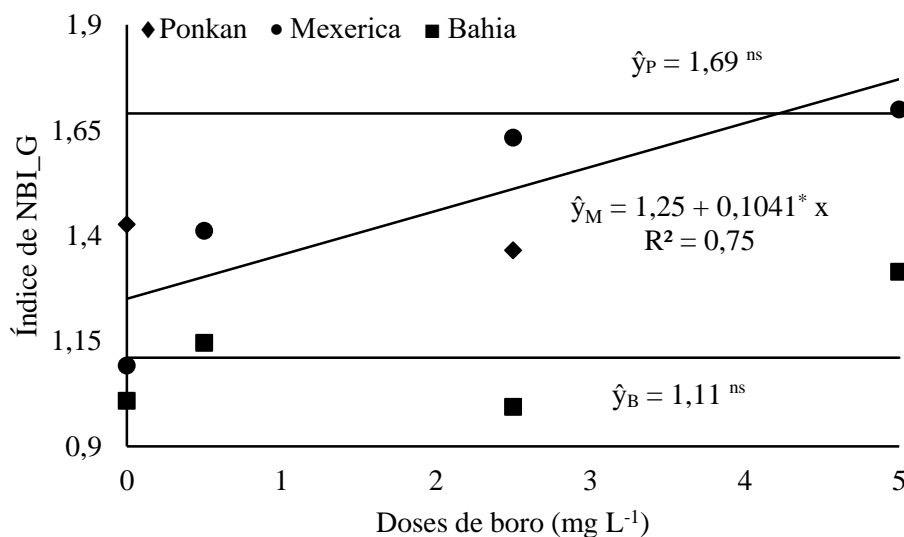
**Figura 7.** Índice de antocianinas de três copas cítricas cultivadas em vermiculita aos 340 dias após o transplântio.

Polifenóis incluindo antocianinas e flavonóides na camada da epiderme, os quais são emitidos a partir do metabolismo secundário da planta são também afetados pela disponibilidade de N na planta (CEROVIC et al., 1999). Quando sob baixa disponibilidade de N, plantas alocam o excesso de C na síntese de polifenóis. Por outro lado, alto conteúdo de polifenóis é, portanto, um potencial indicador de baixos teores de N nas culturas (CEROVIC et al., 1999).

O uso apenas do índice de flavonóides para determinar o teor de nitrogênio na cultura é difícil, uma vez que o seu conteúdo nos tecidos das plantas pode variar em resposta a vários fatores (TREMBLAY et al., 2012).

### 3.5 Índices de balanço de nitrogênio (NBI\_G)

O balanço de nitrogênio das mudas da tangerineira ‘Mexerica’ aumentou linearmente com a elevação das doses de boro no substrato (Figura 8). Já as mudas da tangerineira ‘Ponkan’ e laranjeira ‘Bahia’ não sofreram influência da adubação boratada e apresentaram valores médios de 1,69 e 1,11, respectivamente.

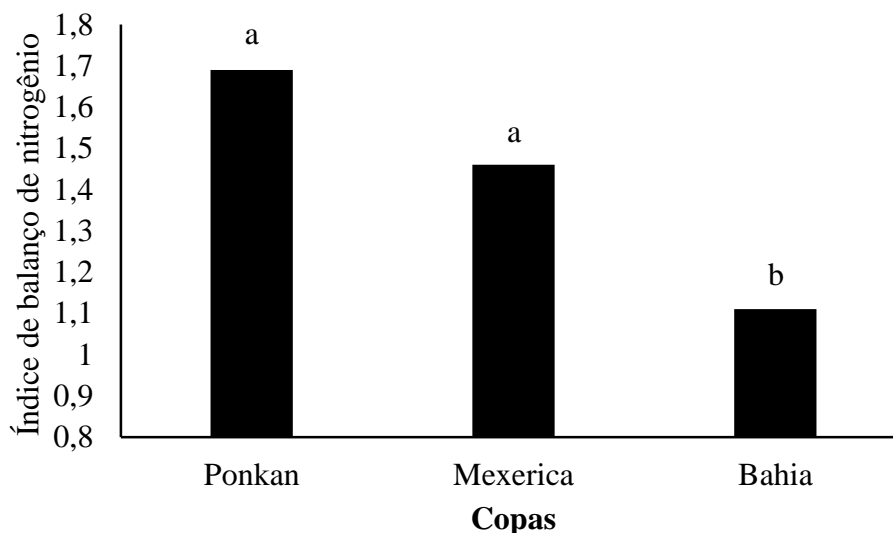


\* = significativo a 5 % pelo teste F

**Figura 8.** Índice de balanço de nitrogênio (NBI\_G) de três copas cítricas cultivadas em vermiculita e adubado com doses de boro, aos 340 dias após o início da aplicação do boro.



Verificou-se diferença estatística entre as copas cítricas (Figura 9), de modo que as mudas da tangerineira ‘Ponkan’ apresentaram valor médio de NBI\_G de 1,69.



Médias seguidas das mesmas letras não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

**Figura 9.** Índice de balanço de nitrogênio de três copas cítricas cultivadas em vermiculita aos 340 dias após o transplântio.

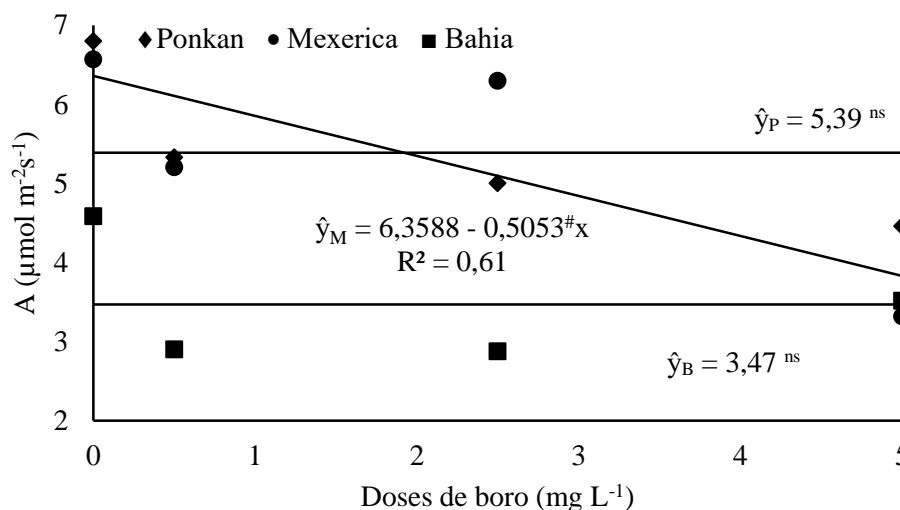
A relação entre clorofila e flavonóides é chamada de índice de balanço de nitrogênio (NIB), o qual tem sido proposto com um indicador sensível do status de nitrogênio nas culturas (CEROVIC et al., 2012; TREMBLAY et al., 2012).

O fornecimento de nitrogênio influencia a síntese de proteínas bem como a síntese de compostos fenólicos. Várias hipóteses têm sido propostas para explicar a relação entre a disponibilidade de N, o crescimento da planta e a presença de compostos fenólicos (CARTELAT et al., 2005). Com baixos teores de N, as plantas direcionam o excesso de carbono para síntese de compostos fenólicos (HERMS; MATTSON, 1992). Portanto, altos teores de compostos fenólicos diminuem o índice de balanço de nitrogênio, sendo também um potencial indicador de baixos teores de N nas culturas.

Assim, neste experimento para a tangerineira ‘Ponkan’ e a laranjeira ‘Bahia’ não houve alteração do direcionamento do carbono diferente da tangerineira ‘Mexerica’, na qual o carbono foi direcionado preponderantemente para a síntese de clorofila (Figura 1), aumentando consequentemente, o NBI.

### 3.6 Fotossínteses líquida

As mudas da tangerineira ‘Mexerica’ foram influenciadas pela adubação boratada apresentando uma redução linear da fotossíntese com a elevação das doses de boro no substrato (Figura 10). As mudas da tangerineira ‘Ponkan’ e laranjeira ‘Bahia’ não foram influenciadas pela adubação com boro.

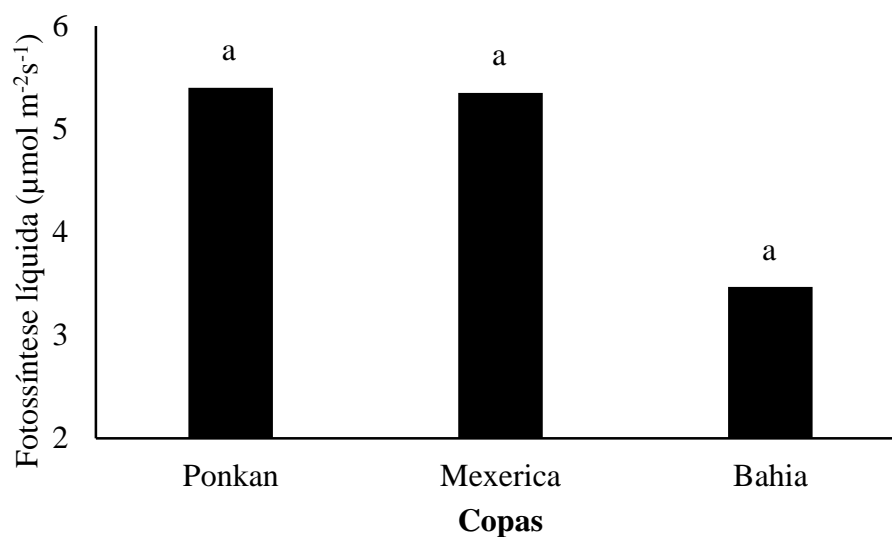


# = significativo a 10 % pelo teste F

**Figura 10.** Fotossíntese líquida (A) de três copas cítricas cultivadas em vermiculita e adubada com boro, aos 340 dias após o início da aplicação do boro.

Os resultados observados neste experimento estão de acordo com os encontrados por Sheng et al. (2010) que trabalhando com porta-enxertos de citros verificaram redução da fotossíntese, à medida que as doses de boro aumentaram no substrato influenciando negativamente no crescimento e na habilidade de fornecimento de fotossintatos, que podem reduzir a translocação de carboidratos para a raiz, inibindo seu crescimento e a função das raízes.

Com relação a influência das copas cítricas sobre a fotossíntese é possível verificar que não houve diferença estatística, de modo que a tangerineira ‘Ponkan’ apresentou valor médio de fotossíntese líquida de  $5,40 \mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$ , superior as demais copas (Figura 11).



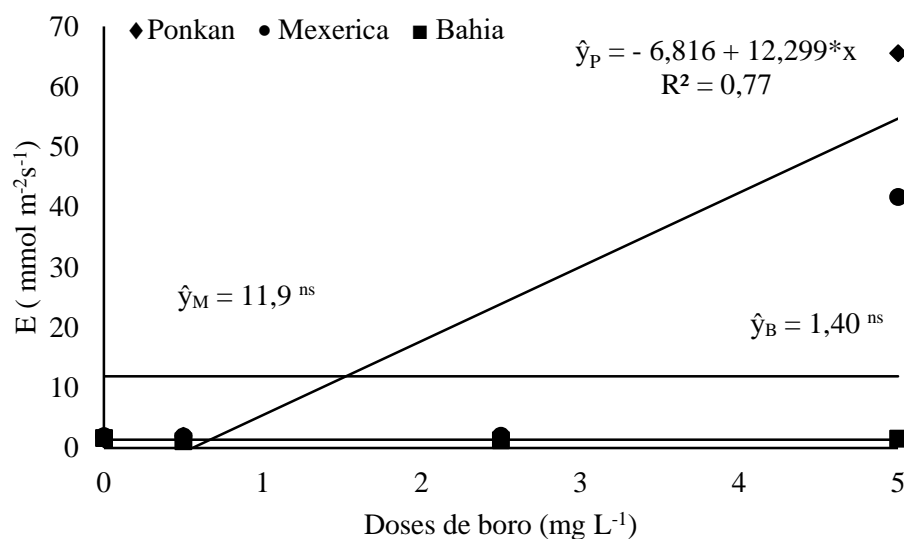
Médias seguidas das mesmas letras não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

**Figura 11.** Fotossíntese líquida de três copas cítricas cultivadas em vermiculita aos 368 dias após o transplante.

Em qualquer fase do desenvolvimento, uma diminuição na fotossíntese implica em prejuízo no crescimento e acúmulo de fitomassa na planta. Uma complexa cadeia de eventos está relacionada à produtividade de um pomar cítrico, como os efeitos das condições climáticas sobre a produção fotossintética, o crescimento da copa, a indução e a intensidade de florescimento, a fixação dos frutos e a massa e o número final de frutos maduros colhidos, além da eficiência do uso da água e nutrientes (GOLDSCHIMIDT, 1999).

### 3.7 Transpiração

A adubação boratada aumentou linearmente a taxa de transpiração das mudas da tangerineira ‘Ponkan’ à medida que as doses de boro aumentaram no substrato (Figura 12). Por outro lado, as mudas da tangerineira ‘Mexerica’ e laranjeira ‘Bahia’, não foram influenciadas pela adubação boratada e apresentaram valor médio de (E) de 11,9 e 1,40  $\text{mmol m}^{-2}\text{s}^{-1}$ .

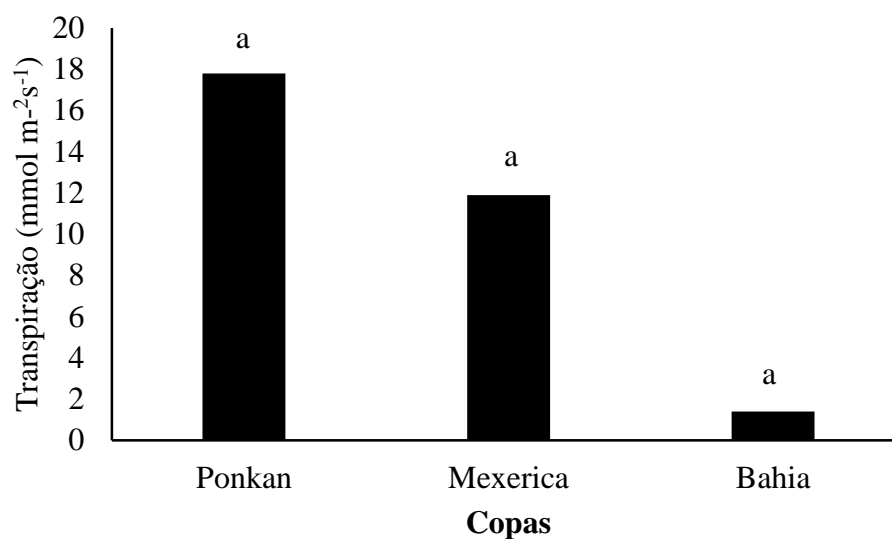


\* = significativo a 5% pelo teste F

**Figura 12.** Transpiração (E) de três copas cítricas cultivadas em vermiculita e adubada com doses de boro, aos 340 dias após o início da aplicação do boro.

A transpiração é o principal mecanismo envolvido na regulação da temperatura foliar e que menores aberturas estomáticas levam à redução da transpiração e aumento da temperatura do tecido foliar (MACHADO et al., 2005).

Verificou-se que não houve diferença estatística entre as copas cítricas, de modo que a tangerineira ‘Ponkan’ apresentou valor médio de transpiração de  $(17,78 \text{ mmol m}^{-2} \text{s}^{-1})$  superior a tangerineira ‘Mexerica’  $(11,91 \text{ mmol m}^{-2} \text{s}^{-1})$  e a laranjeira ‘Bahia’  $(1,40 \text{ mmol m}^{-2} \text{s}^{-1})$  (Figura 13).



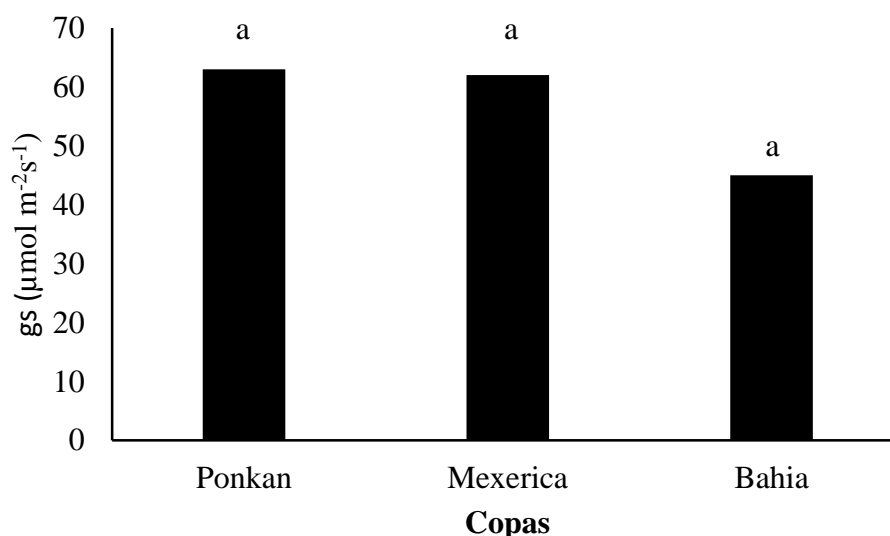
Médias seguidas das mesmas letras não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

**Figura 13.** Transpiração de três copas cítricas cultivadas em vermiculita aos 340 dias após o transplântio.

A absorção e redistribuição de boro pelas plantas é determinada pela taxa de transpiração. As diferenças nos valores da transpiração e o transporte de boro no xilema explica por que o acúmulo de boro varia entre as espécies de plantas e de genótipos (NABLE; BANUELOS; PAULL, 1997; BROWN; SHELP, 1997). Em regiões mais frias, onde as plantas apresentam menor taxa de transpiração, a absorção de boro é reduzida, agravando os casos de deficiência (QUAGGIO et al., 2003).

### 3.8 Condutância estomática

Verifica-se na Figura 14, que a condutância estomática das mudas cítricas não foi influenciada pelas doses de boro aplicadas no substrato, assim como não houve diferença estatística entre as copas. O valor médio de  $g_s$  para as mudas da tangerineira 'Ponkan', da laranja 'Bahia' e tangerineira 'Mexerica' foi de 0,063, 0,062 e 0,045 mol m<sup>-2</sup>s<sup>-1</sup>, respectivamente.



Médias seguidas das mesmas letras não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

**Figura 14.** Condutância estomática ( $g_s$ ) de três copas cítricas cultivadas em vermiculita e adubada com doses de boro, aos 340 dias após o início da aplicação do boro.

A condutância estomática controla a fotossíntese (JONES, 1998), e o comportamento dos estômatos é influenciado por ambos os estímulos externos e internos (NOBEL, 1999). Portanto pode ser esperado efeito negativo dos estômatos sobre os processos fotossintéticos em algumas condições, quando houver umidade relativa baixa ou temperatura do ar (RIBEIRO et al., 2004).

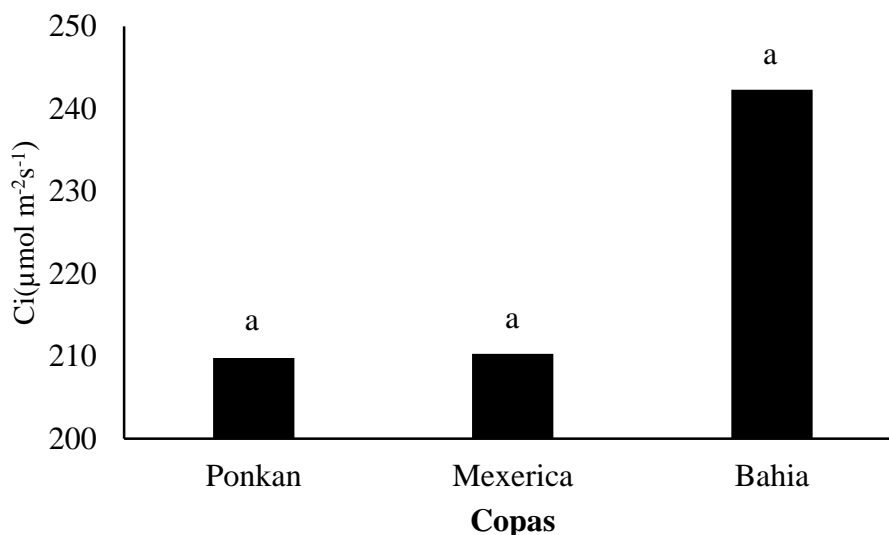
A baixa condutância estomática causa diminuição na assimilação de  $\text{CO}_2$  pela redução da disponibilidade de  $\text{CO}_2$ , que pode ser indicada pela redução dos valores da concentração intracelular de  $\text{CO}_2$  (JONES, 1998; NOBEL, 1999).

A condutância estomática varia em função de fatores ambientais como temperatura do ar e do solo, temperatura noturna, umidade do solo, turgescência e potencial da água da folha, diferença de pressão de vapor entre a folha e o ar e de fatores inerentes à própria planta (ALLEN; ORT, 2001; ERISMANN; MACHADO; TUCCI, 2008; RIBEIRO et al., 2009).

Em citros um dos fatores que afeta a  $g_s$  é o potencial da água na folha (RIBEIRO, 2006). A perda de água por transpiração interfere na condutância estomática fazendo com que as plantas estejam mais susceptíveis ao crescimento nos períodos de estiagem (LEAKEY et al., 2009).

### 3.9 Concentração interna de CO<sub>2</sub> (C<sub>i</sub>)

As doses de boro não influenciaram a concentração interna de CO<sub>2</sub> (Figura 15). De modo que o valor médio encontrado nas mudas das tangerineiras ‘Ponkan’ e ‘Mexerica’, e laranjeira ‘Bahia’ foram 209,9, 210,3 e 242,3  $\mu\text{mol CO}_2 \text{ mol}^{-1}$ , respectivamente.



Médias seguidas das mesmas letras não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

**Figura 15.** Concentração interna de CO<sub>2</sub> (C<sub>i</sub>) de três copas cítricas cultivadas em vermiculita aos 340 dias após o transplântio.

Os resultados estão de acordo com os obtidos por Gimeno et al. (2012) que verificaram que a toxidez por boro não influenciou a concentração interna de CO<sub>2</sub> de plantas de limoeiro ‘Verna’.

### 3.10 Análises de componentes principais

A Tabela 2 e a Figura 16 apresentam os autovetores das variáveis relacionadas as trocas gasosas de mudas cítricas. Para explicar satisfatoriamente a variabilidade do conjunto de dados foram necessários três componentes principais, que explicam 85,2% da variabilidade.

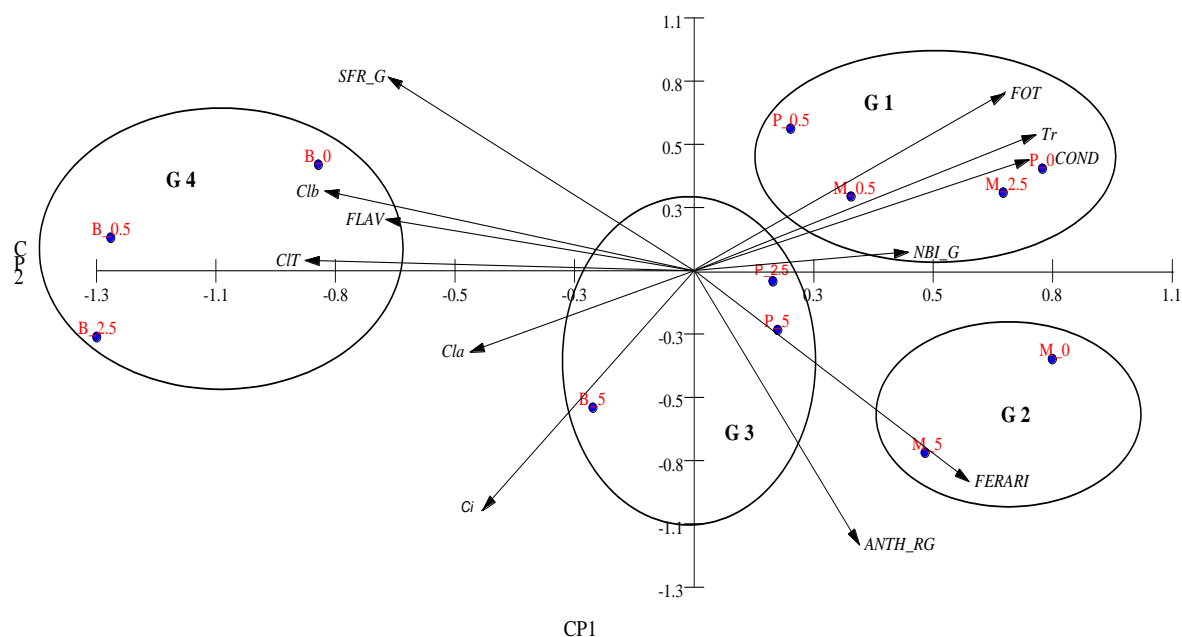
**Tabela 2.** Autovetores de três componentes principais (CP1, CP2 e CP3) das variáveis relacionadas ao crescimento de mudas cítricas adubadas com boro.

<b>Variáveis</b>	<b>CP1</b>	<b>CP2</b>	<b>CP3</b>
FOT	<b>0,304</b>	0,328	-0,224
gs	<b>0,327</b>	0,206	0,216
Ci	<b>-0,207</b>	<b>-0,442</b>	0,360
E	<b>0,334</b>	0,252	0,059
Cla	<b>-0,219</b>	-0,149	0,221
Clb	<b>-0,361</b>	0,148	0,070
SFR_G	<b>-0,299</b>	<b>0,359</b>	0,211
FLAV	<b>-0,302</b>	0,096	<b>-0,452</b>
ANTH_G	0,161	<b>-0,506</b>	-0,191
NBI_G	<b>0,209</b>	0,035	<b>0,644</b>
$\lambda$	6,42	2,17	1,64
<b>VA (%)</b>	53,5	71,5	85,2

$\lambda$  = autovalor da matriz de correlação; VA = variância acumulada; FOT= fotossíntese; gs = condutância estomática; Ci = Concentração interna de CO<sub>2</sub>; E = transpiração; Cla = clorofila a; Clb = clorofila b; SFR\_G = taxa simples de fluorescência; FLAV = flavonoides; ANTH\_G = antocianinas; NBI\_G = índice de balanço de nitrogênio.

Para o primeiro componente principal (CP1), as variáveis relacionadas foram fotossíntese, condutância estomática, concentração interna, transpiração, clorofila a, clorofila b, clorofila total, teor de clorofila (SFR\_G), flavonoides e índice de balanço de nitrogênio (NBI\_G). Para o segundo componente principal (CP2), as principais variáveis foram concentração interna, SFR\_G e antocianinas. Já para o terceiro componente principal (CP3) foram os flavonoides e o NBI\_G.





FOT = fotossíntese; E = transpiração; COND = condutância estomática; NBI\_G = índice de balanço de nitrogênio; ANTH\_G = antocianina; Ci = concentração interna de CO<sub>2</sub>; FLAV = flavonoides; SFR\_G = taxa simples de fluorescência.

Copas: P = 'Ponkan'; M = 'Mexerica'; B = 'Bahia'. Boro (0; 0,5; 2,5; 5,0 mg L<sup>-1</sup>)

**Figura 16.** Autovalores das variáveis relacionadas as trocas gasosas nos primeiros componentes principais (CP1 e CP2) e agrupamento dos tratamentos.

Com base nos escores dos três primeiros componentes principais foram determinados quatro grupos de tratamentos (Figura 16). No grupo 1, a tangerineira 'Mexerica' apresentou os maiores valores de fotossíntese e transpiração (E) e condutância estomática ( $g_s$ ). No grupo 2, a taxa de excitação da clorofila e o valor de antocianinas foram maiores nas mudas de 'Mexerica' adubadas com 5,0 mg L<sup>-1</sup>. No grupo 3, a tangerineira 'Ponkan' apresentou maior valor de índice de balanço de nitrogênio. E a laranjeira 'Bahia' apresentou maior concentração interna de CO<sub>2</sub>.

Já o grupo 4 os maiores valores de SFR\_G, flavonoides, clorofila b e clorofila total foram obtidos na laranjeira 'Bahia'. É possível observar também na Figura 16, que à medida que os teores de fotossíntese, transpiração e condutância estomática aumentavam a concentração interna de CO<sub>2</sub> reduziu, assim como a clorofila a.

#### 4. CONCLUSÕES

- ✓ A adubação boratada aumentou a transpiração da tangerineira 'Ponkan' e reduziu a taxa fotossintética da tangerineira 'Mexerica';
- ✓ Doses de boro acima de  $2,6 \text{ mg L}^{-1}$  diminuíram o índice de clorofila na copa de tangerina 'Ponkan' e 'Mexerica';
- ✓ O índice de flavonoides reduziu com o aumento das doses de boro no substrato;
- ✓ A fotossíntese líquida foi maior nas mudas da tangerineira 'Mexerica'.
- ✓ Formaram-se quatro grupos de tratamentos, sendo o grupo 1 constituído pela tangerineira 'Mexerica', com maior taxa de fotossíntese líquida.

## 5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABD-ALLAH, A. S. Effect of spraying some macro and micro nutrientes of fruit set, yield and fruit quality of Washington Navel Orange trees. **Journal of Applied Sciences Research**, Pakistan, v.2, p.1059-1063, 2006.

ALLEN, D. J.; ORT, D. R. Impacts of chilling temperatures on photosynthesis in warm-climate plants. **Trends in Plant Science**, London, v.6, p.36-41, 2001.

AYALA-SILVA, T.; BEYL, C. A. Changes in spectral reflectance of wheat leaves in response to specific macronutrient deficiency. **Advances in Space Research**, Elmsford, v. 35, p. 305-317, 2005.

BRAGAZZA, L.; FREEMAN, C. High nitrogen availability reduces polyphenol content in *Sphagnum peat*. **Science of The Total Environment**, Amsterdam, v.377, p.439-443, 2007.

BROWN, P.; SHELP, B. J. Boron mobility in plants. **Plant and Soil**, Dordrecht, v.193, p.85-101, 1997.

CARTELAT, A.; CEROVIC, Z. G.; GOULAS, Y.; MEYER, S.; LELARGE, C.; PRIOUL, J. L.; BARBOTTIN, A.; JEUFFROY, M. H.; GATE, P.; AGATI, G.; MOYA, I. Optically assessed contents of leaf polyphenolics and chlorophyll as indicators of nitrogen deficiency in wheat (*Triticum aestivum* L.). **Field Crops Research**, Amsterdam, v.91, p.35-49, 2005.

CEROVIC, Z. G.; MASDOUMIER, G.; GHOZLEN, N. B.; LATOUCHE, G. A new optical leaf-clip meter for simultaneous non-destructive assessment of leaf chlorophyll and epidermal flavonoids. **Physiologia Plantarum**, Copenhagen, v.146, p.251-260, 2012.

CEROVIC Z. G.; SAMSON, G.; MORALES, F.; TREMBLAY, N.; MOYA, I. Ultraviolet-induced fluorescence for plant monitoring: present state and prospects. **Agronomie**, Paris, v. 19, p. 543-578, 1999.

CHATZISSAVVIDIS, C.; THERIOS, I. Response of four olive (*Olea europaea* L.) cultivars to six B concentrations: growth performance, nutrient status and gas Exchange parameters. **Scientia Horticulturae**, Amsterdam, v.127, p.29-38.

DELL, B.; HUANG, L. B. Physiological response of plants to low boron. **Plant and Soil**, The Hague, v.193, p.103-120, 1997.

ERISMANN, N. M.; MACHADO, E. C.; TUCCI, M. L. S. Photosynthetic limitation by CO<sub>2</sub> diffusion in drought stressed orange leaves on three rootstocks. **Photosynthesis Research**, Dordrecht, v.96, p. 163-172,

GIMENO, V.; SIMÓN, I.; NIEVES, M.; MARTÍNEZ, V.; CÁMARA-ZAPATA, J. M.; GARCÍA, A. L.; GARCÍA-SANCHEZ, F. The physiological and nutritional responses to an excess of boron by Verna lemon trees that were grafted on four contrasting rootstocks. **Trees**, Berlin, v.26, p.1513-1526, 2012.

GOLDSCHMIDT, E. E. Carbohydrate supply as a critical factor for citrus fruit development and productivity. **HortScience**, Alexandria, v. 34, p. 1020-1024, 1999.

HAN, S.; TANG, N.; JIANG, H. X.; YANG, L. T.; LI, Y.; CHEN, L. S. CO<sub>2</sub> assimilation, photosystem II photochemistry, carbohydrate metabolism and antioxidant system of citrus leaves in response to boron stress. **Plant Science**, Limerick, v.176, p.143-153, 2009.

HERMS, D. A.; MATTSON, W. J. The dilemma of plants: to grow or to defend. **The Quarterly Review of Biology**, New York, v.67, p.283-335, 1992.

HOAGLAND, D. R.; ARNON, D. I. **The water culture method for growing plants without soils**. Berkeley: California Agricultural Experimental Station, 1950. 347 p.

JONES, H. G. Stomatal control of photosynthesis and transpiration. **Journal of Experimental Botany**, Oxford, v.49, p.387-398, 1998. Special issue.

KELES, Y.; ÖNCEL, I.; YENICE, N. Relationship between boron content and antioxidant compounds in Citrus leaves taken from fields with different water source. **Plant and Soil**, Netherlands, v.265, p.345-353, 2004.

LEAKEY, A. D. B.; XU, F.; GILLESPIE, K.; MCGRATH, J.; AINSWORTH, E. A.; ORT, D. R. Elevated CO<sub>2</sub> effects on plant carbon, nitrogen, and water relations: six important lessons from FACE. **Journal of Experimental Botany**, Oxford, v.60, n.10, p.2859-2876, 2009.

LICHTENTHALER, H. K.; MIEHÉ, J. A. Fluorescence imaging as a diagnostic tool for plant stress. **Trends in Plant Science**, Oxford, v.2, n.8, p.316-320, 1997

LIU, W.; ZHU, D. W.; LIU, D. H.; GENG, M. J.; ZHOU, W. B.; MI, W. J.; YANG, T. W.; HAMILTON, D. Influence of nitrogen on the primary and secondary metabolism and synthesis of flavonoids in *Chrysanthemum morifolium* Ramat. **Journal of Plant Nutrition**, New York, v.33, p.240-254, 2010.

MAAS, E. V. Crop salt tolerance. In: TANJI, K. K (ed.) **Agricultural salinity assessment and management**. ASCE, Manuals and reports on engineering practice. ASCE, New York, 1990, p.262-304.

MACHADO, E. C. et al. Respostas da fotossíntese de três espécies de citros a fatores ambientais. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 40, n. 12, p. 1161-1170, 2005.

MARSCHNER, P. **Marschner's mineral nutrition of higher plants**. 3<sup>a</sup> ed. London: Academic Press, 2012. 651p.

NABLE, R. O.; BANUELOS, G. S.; PAULL, J. G. Boron toxicity. **Plant and Soil**, Netherlands, v.198, p.181-198, 1997.

NOBEL, P.S. **Physicochemical and environmental plant physiology**. New York: Academic, 1999. 474p.

PAPADAKIS, I. E.; DIMASSI, N.; BOSABALIDIS, A. M.; THEORIOS, I. N.; PATAKAS, A.; GIANNAKOULA, A. Effects of B excess on some physiological and anatomical parameters of 'Navelina' Orange plants grafted on two rootstocks. **Environmental and Experimental Botany**, Oxford, v.51, p.247-257, 2004.

PAPADAKIS, I. E.; DIMASSI, K. N.; THERIOS, I. N. Response of two citrus genotypes to six boron concentrations: concentration and distribution of nutrientes, total absorption, and nutriente use efficiency. **Australian Journal of Agricultural Research**, Australian, v.54, p.571-580, 2003.

PARKS, J. L.; EDWARDS, M. Boron in the environment. **Critical Reviews in Environmental Science and Technology**, Boca Raton, v.35, p.81-114, 2005.

PELTONEN, J.; VIRTANEN A.; HAGGREN, E. Using a chlorophyll meter to optimize nitrogen fertilizer application for intensively-managed small-grain cereals. **Journal of Agronomy and Crop Science**, Malden, v.174, p.309-318, 1995.

QUAGGIO, J. A.; MATTOS JÚNIOR, D.; CANTARELLA, H.; TANK JUNIOR, A. Fertilização com boro e zinco no solo em complementação à aplicação via foliar em laranjeiras. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.38, n.5, p.627-634, 2003.

RAMBO, L.; SILVA, P. R. F. da; ARGENTA, G.; BAYER, C. Testes de nitrato no solo como indicadores complementares no manejo da adubação nitrogenada em milho. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.34, p. 1279-1287, 2004.

RIBEIRO, R. V.; MACHADO, E. C.; SANTOS, M. G.; OLIVEIRA, R. F. Photosynthesis and water relations of well-watered orange plants as affected by winter and summer conditions. **Photosynthetica**, Praga, 2009.

RIBEIRO, R.V. **Variação sazonal da fotossíntese e relações hídricas de laranjeira 'Valência'**. 2006. 157f. Tese (Doutorado em Agronomia). Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2006.

RIBEIRO, R. V.; SANTOS, M. G. dos; SOUZA, G. M.; MACHADO, E. C.; OLIVEIRA, R. F. de; ANGELOCCI, L. R.; PIMENTEL, C. Environmental effects on photosynthetic capacity of bean genotypes. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.39, n.7, p.615-623, 2004.

SAS. SAS/STAT 9.3. **User's guide** – Cary – NC: SAS INSTITUTE INC. 2011, 8621p.

SANT'ANNA, H. L. S. de. **Aspectos fisiológicos de variedades de citros submetidas à deficiência hídrica progressiva**. 2009. 84f. Dissertação (Mestrado em Ciências Agrárias). Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, Cruz das Almas, 2009.

SCHLEMMER, M. R.; FRANCIS, D. D.; SHANAHAN, J. F.; SCHEPERS, J. S. Remotely measuring chlorophyll content in corn leaves with differing nitrogen levels and relative water content. **Agronomy Journal**, Madison, v.97, p.106-112, 2005.

SHAVER, T. M.; KHOSLA, R.; WESTFALL, D. G. Evaluation of two crop canopy sensors for nitrogen variability determination in irrigated maize. **Precision Agriculture**, Dordrecht, v.12, p.892-904, 2011.

SHENG, O.; ZHOU, G.; WEI, Q.; PENG, S.; DENG, X. Effects of excesso boro non growth, gas Exchange, and boron status of four Orange scion-rootstock combinations. **Journal of Plant Nutrition of Soil Science**, Weinheim, v.173, p.469-476, 2010.

SETIN, D. W.; CARVALHO, S. A. de. Recipientes e métodos de enxertia na produção de mudas de citros com porta-enxertos duplos. **Citrus Research & Technology**, Cordeirópolis, v.32, n.1, p.17-26, 2011.

SOTIROPOULOS, T. E.; THERIOS, I. N.; DIMASSI, K. N.; BOSABALIDIS, A.; KOFIDIS, G. Nutritional status, growth, CO<sub>2</sub> assimilation and leaf anatomical responses in two kiwifruits species under boron toxicity. **Journal of Plant Nutrition**, New York, v.25, n.6, p.1249-1261, 2002.

TREMBLAY, N.; WANG, Z.; CEROVIC, Z. G. Sensing crop nitrogen status with fluorescence indicators, A review. **Agronomy for Sustainable Development**, Paris, v.32, p.451-464, 2012.

ULLAH, S.; KHAN, A. S.; MALIK, A. V.; AFZAL, I.; SHAHID, N.; RAZZAQ, K. Foliar application of boron influences the leaf mineral status, vegetative and reproductive growth, yield and fruit quality of 'Kinnow' mandarin (*Citrus reticulata* Blanco). **Journal of Plant Nutrition**, Philadelphia, v.35, p.2067-2079, 2012.

YUA, S. K.; RYAN, J. Boron toxicity tolerance in crops: A viable alternative to soil amelioration. **Crop and Science**, Madison, v.48, p.854-865, 2008.